



РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ  
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ  
ПО ГЕОДЕЗИИ И ТОПОГРАФИИ



УДК 528(076.5)

*Составители: Т.В.Горбовская, Д.П.Хворостухин*

Рабочая тетрадь для выполнения лабораторных работ по дисциплинам «Основы геодезии и топографии» и "Топография" /сост. Т.В.Горбовская, Д.П.Хворостухин. Саратов: 2017. 72 с.: илл.

Внедрение и использование в процессе обучения компетентного подхода призвано обеспечить качественную подготовку выпускников университета. Важным элементом подготовки специалистов и бакалавров является формирование дополнительных профессиональных компетенций, к которым можно отнести: способность к саморазвитию и самореализации, использование творческого потенциала и владение способностью организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, владеть навыками самостоятельной работы, в том числе в сфере проведения научных исследований. Задания, предложенные авторами в рабочей тетради, направлены на различный уровень овладения и демонстрации топографо-геодезических знаний и навыков. Задания даны по основным разделам дисциплин «Основы геодезии и топографии» и "Топография". Задания могут выполняться обучающимися самостоятельно дома и под руководством преподавателя.

Рабочая тетрадь предназначена для студентов геологического факультета очной формы обучения по специальности 210502 «Прикладная геология» и для студентов географического факультета по направлениям подготовки 05.03.02 - География, 05.03.03 - Картографии и геоинформатика, 05.03.06 - Экология и природопользование.

Подготовлено по решению научно-методической комиссии географического факультета ФГБОУ ВО "Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г.Чернышевского".

Учебно-методическое пособие

## **РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ГЕОДЕЗИИ И ТОПОГРАФИИ**

*Составители:* **Горбовская Татьяна Владимировна,  
Хворостухин Дмитрий Павлович**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Саратовский национальный исследовательский  
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ  
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ  
ПО ГЕОДЕЗИИ И ТОПОГРАФИИ

**Выполнил:**

\_\_\_\_\_,  
студент (ка) I курса группы \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ отделения  
\_\_\_\_\_ факультета

**Проверил:**

\_\_\_\_\_,  
\_\_\_\_\_ кафедры геоморфологии и геоэкологии  
географического факультета

Саратов, 20 \_\_\_\_\_

## Предисловие

Основной целью данной учебно-методической разработки является развитие студентами навыков в решении основных геодезических задач, которые будут решать будущие специалисты геологи и географы в своей практической деятельности, а также улучшение эффективности организации учебной деятельности и развития самостоятельности студентов. Студенты знакомятся с основными приемами анализа топографических карт, принципами их создания, приобретают умения и знания в решении практических задач для обеспечения геолого-географических исследований. В результате освоения дисциплины обучающиеся должны:

### *Знать:*

- отрасли практического применения знаний из области геодезии и топографии в геологии;
- основные сведения о топографической карте; работу по использованию топографических карт и планов в полевых условиях;
- основные виды геодезических съемок;
- способы организации топографо-геодезических видов работ.

### *Уметь:*

- классифицировать картографические изображения;
- подбирать топографические карты для организации полевых работ;
- выполнять картометрические вычисления по картам;
- проводить обработку результатов полевых инструментальных измерений.

### *Владеть:*

- навыками составления и оформления фрагментов топографических планов и карт;
- приемами картометрических вычислений;
- навыками работы с различными геодезическими приборами.

Перечисленными компетенциями эффективнее всего студенты овладевают при выполнении заданий на лабораторных занятиях. Опыт проведения лабораторных занятий по геодезии и топографии на географическом факультете Саратовского госуниверситета определил необходимость подготовки рабочей тетради для их выполнения. При выполнении заданий лабораторных работ студенты приобретают профессиональные умения и навыки, овладевают умениями самостоятельно приобретать знания.

Контроль выполнения заданий *лабораторных работ* в течение одного семестра оценивается в баллах. Выполнение заданий по каждой теме оценивается по пятибалльной шкале, которая включает: 1 балл – за посещение, 2 балла – за качество выполнения работы, 1 – за своевременный отчет, 1 балл - за оформление работы.

Большую роль в освоении дисциплины имеет *самостоятельная работа* студентов, которая также имеет балльную оценку. Она включает в себя самостоятельное выполнение заданий повышенной трудности, отмеченные в рабочей тетради дополнительным знаком (\*). Самостоятельная работа включает в себя такие виды деятельности как:

- изучение дисциплины по опубликованным источникам (учебные пособия, учебно-методические издания, публикации в научных и научно-популярных периодических изданиях) и демонстрация приобретенных знаний на лабораторных занятиях – (1 балла за каждый правильный ответ на занятиях);

- выполнение расчетно-графических работ (вычисление погрешностей, вычисление площади, составление орографической схемы полигона, определение уклонов профиля (от 0 до 2 баллов за каждый вид задания).

- выполнение самостоятельной работы по описанию участка местности – (от 0 до 6);

- изучение приборной базы, используемой при выполнении топографических съемок (от 0 до 3 баллов);

- составление презентации по одному из видов топографических съемок (по выбору преподавателя) (от 0 до 7 баллов).

**Тема 1. ПОНЯТИЕ О ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ И ПЛАНЕ МЕСТНОСТИ.  
УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ**

Топографической картой называют уменьшенное изображение на плоскости значительных по величине частей земной поверхности, полученное с учетом сфероидальности земной поверхности.

Планом называют чертеж, на котором в уменьшенном и подобном виде изображено горизонтальное проложение сравнительно небольшого участка местности. План составляется без учета кривизны Земли.

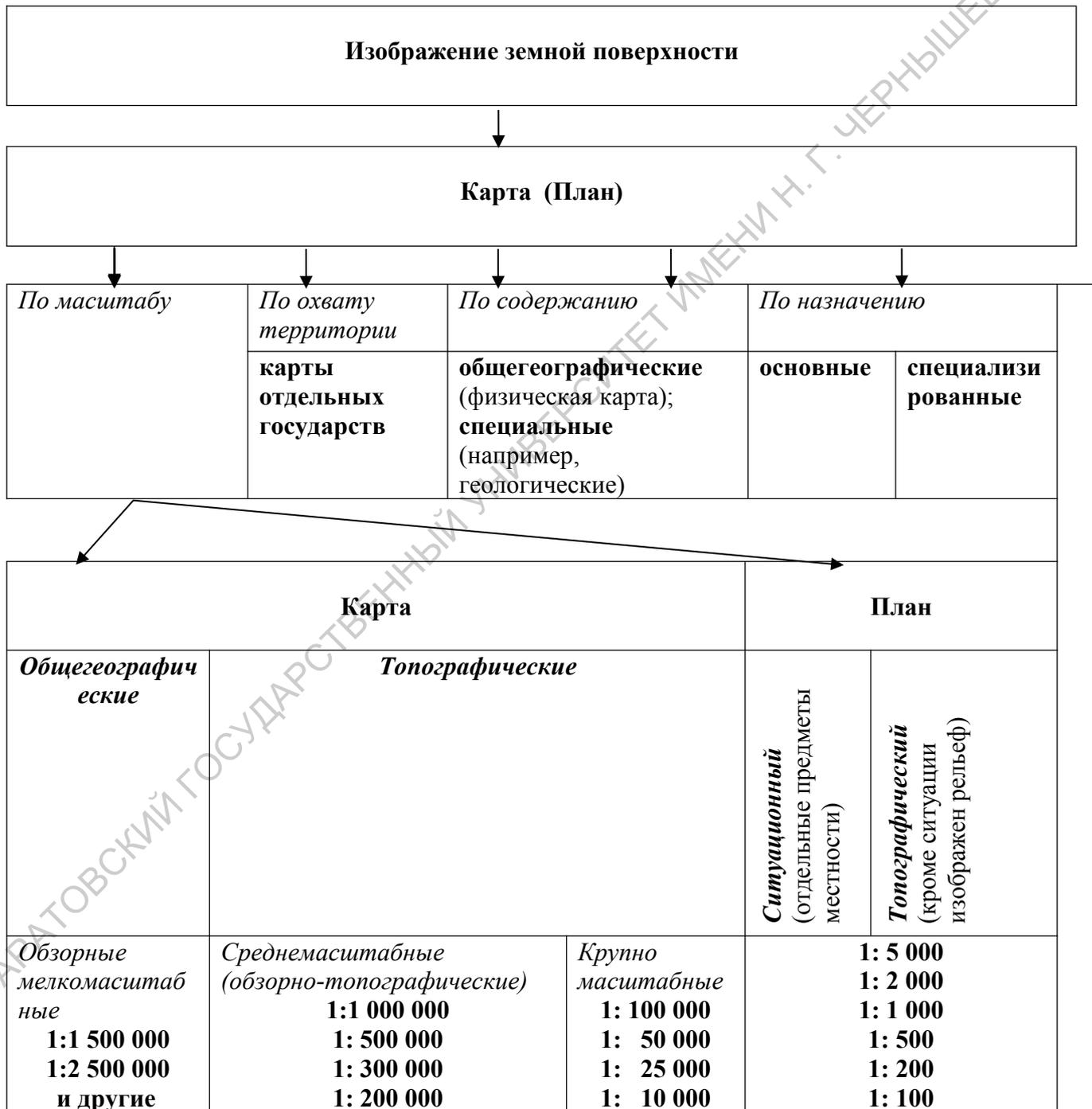


Рисунок 1. Типология топографических карт

### Элементы карты –

- Математическая основа (масштаб, геодезическая основа, картографическая проекция)
- Содержание (совокупность показанных объектов и сообщаемых сведений)
- Вспомогательное оснащение (название, легенда, различные графики, справочные сведения)

### Свойства топографической карты -

- Наглядность
- Измеримость
- Географическое соответствие
- Геометрическая точность
- Достоверность и современность
- Полнота содержания

Условные знаки топографических карт – это совокупность применяемых на картах обозначений различных объектов, их качественных и количественных характеристик.

| Условные знаки топографических карт   |  |   |   |  |
|---|--|---|---|--|
| <i>площадные</i>  | <i>линейные</i>  | <i>внемасштабные</i>  | <i>пояснительные</i>  | <i>специальные</i>   |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>лесной массив,</i></li><li>• <i>жилые кварталы</i></li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>ЛЭП,</i></li><li>• <i>усовершенствованное шоссе</i></li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>пункт триангуляции</i></li><li>• <i>колодец,</i></li><li>• <i>родник</i></li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>характеристики рельефа,</i></li><li>• <i>гидрографические характеристики</i></li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>скважины,</i></li><li>• <i>промысловые трубопроводы</i></li></ul> |

Рисунок 2. Классификация условных знаков топографических карт

**Задание 1.1.** Составить систематизирующую таблицу условных знаков некоторых объектов, расположенных на листе топографической карты (по 2-3 примера на каждый раздел структуры условных знаков) (Приложение А).

**Задание 1.2.** Составить систематизирующую таблицу условных знаков всех объектов, расположенных внутри обозначенного на карте топографического полигона (является обязательным приложением к контрольной самостоятельной работе – КСР) (Приложение Б)

**Задание 1.3.** Обозначить вершины топографического полигона (вариант № \_\_\_\_)

| <i>Номер точки полигона</i>     | <i>Изображение знака, расположенного в точке полигона (объект)</i> | <i>Описание условного знака</i> |
|---------------------------------|--|---------------------------------|
| <b>т.п.1</b> (точка полигона 1) |  |                                 |
| <b>т.п.2</b>                    |  |                                 |
| <b>т.п.3</b>                    |  |                                 |
| <b>т.п.4</b>                    |  |                                 |
| <b>т.п.5</b>                    |  |                                 |

Примеры формы таблиц и их заполнения

**Приложение А. Условные знаки некоторых объектов,  
расположенных на листе топографической карты**

| <i>Изображение знака</i>   | <i>Описание условного знака</i>  | <i>Типы условных знаков</i>     |
|--|--|---------------------------------|
| <i>Опорная геодезическая сеть</i>                                    |  |                                 |
| Δ 212.6  | Пункт государственной геодезической сети с указанием абсолютной высоты   | внемасштабный, пояснительный    |
| <i>Населенные пункты</i>   |  |                                 |
|  |  |                                 |
|  |  |                                 |
|  |  |                                 |
| <i>Отдельные промышленные, сельскохозяйственные и прочие объекты</i> |  |                                 |
|  |  |                                 |
|  |  |                                 |
|  |  |                                 |
| <i>Линейные объекты</i>  |  |                                 |
| = 13 (17) А =  | Шоссе и его характеристики:<br>13 – ширина проезжей части (м),<br>17 – ширина дороги с обочинами (м),<br>А – характер покрытия (асфальт) | линейный, пояснительный         |
|  |  |                                 |
| <i>Рельеф</i>  |  |                                 |
|  | Промоина и ее характеристики<br>( _ - глубина в метрах)  |                                 |
|  |  |                                 |
|  |  |                                 |
| <i>Гидрография</i>   |  |                                 |
| ○ К  | Колодец  | внемасштабный,<br>пояснительный |
|  |  |                                 |
| 2/3  | Источники, родники, ключи  | внемасштабный                   |
| <i>Растительный покров</i>   |  |                                 |
|  |  |                                 |
|  |  |                                 |
|  |  |                                 |

**Приложение Б. Условные знаки объектов,  
расположенных на территории топографического полигона\***

| <i>Изображение знака</i>   | <i>Описание условного знака</i> | <i>Типы условных знаков</i> |
|--|---------------------------------|-----------------------------|
| <i>Опорная геодезическая сеть</i>                                    |                                 |                             |
|  |                                 |                             |
|  |                                 |                             |
| <i>Населенные пункты</i>   |                                 |                             |
|  |                                 |                             |
|  |                                 |                             |
|  |                                 |                             |
| <i>Отдельные промышленные, сельскохозяйственные и прочие объекты</i> |                                 |                             |
|  |                                 |                             |
|  |                                 |                             |
|  |                                 |                             |
| <i>Линейные объекты</i>  |                                 |                             |
|  |                                 |                             |
|  |                                 |                             |
| <i>Рельеф</i>  |                                 |                             |
|  |                                 |                             |
|  |                                 |                             |
|  |                                 |                             |
| <i>Гидрография</i>   |                                 |                             |
|  |                                 |                             |
|  |                                 |                             |
| <i>Растительный покров</i>   |                                 |                             |
|  |                                 |                             |
|  |                                 |                             |

*\* Таблица составляется по данной структуре, но количество позиций в каждом пункте может быть различным, в зависимости от сложности ситуации на полигоне. Допускается выполнение таблицы в компьютерном и рукописном вариантах на листах формата А4.*

## Тема 2. МАСШТАБЫ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

**Масштаб карты** выражается отношением длины линии на карте к длине горизонтального проложения соответствующей линии на местности и определяет степень уменьшения элементов местности при изображении их на карте.

**Горизонтальное проложение** – это проекция отрезка местности на плоскость.

Определяется по формуле:  $d = S \cdot \cos v$ , где

$d$  - горизонтальное проложение (м),  $S$  – длина отрезка на местности (м),

$v$  - угол наклона поверхности.

**Виды масштабов:**

- **численным масштабом** (числовой, численный) (1: 10 000);
- **именованный масштаб** (в 1 см 250 метров);
- **графические масштабы:** линейный масштаб, поперечный масштаб, переходный (переводной) масштаб.

**Способы определения масштаба:**

по километровой сетке, по известному расстоянию.

**Точность масштаба карты:**

**Предельная точность ( $t_{пр}$ )** масштаба карты представляется длиной такого отрезка на местности, который соответствует на карте отрезку в 0,1 мм.

**Графическая точность ( $t_{гр}$ )** – 0,2 мм – это допустимая ошибка в положении объекта на карте.

**Точность тиражного оттиска ( $t_{тир.отт.}$ )** изданной карты зависит от деформации бумаги при ее печати и других причин; она составляет величину 0,5 мм в масштабе карты.

**Задание 2.1.** Найти именованные масштабы для заданных численных масштабов.

| №№ п/п              | Численный масштаб | Именованный масштаб             |
|---------------------|-------------------|---------------------------------|
| 1                   |                   | в 1 сантиметре _____ метров     |
| 2                   |                   | в 1 сантиметре _____ километров |
| 3 (вариант № _____) |                   |                                 |
| 4 (вариант № _____) |                   |                                 |

**Задание 2.2.** Найти численный масштаб по заданному именованному масштабу.

| №№ п/п              | Именованный масштаб | Численный масштаб |
|---------------------|---------------------|-------------------|
| 1                   |                     | 1 : _____         |
| 2                   |                     | 1 : _____         |
| 3 (вариант № _____) |                     |                   |
| 4 (вариант № _____) |                     |                   |

**Задание 2.3.** Определить численный масштаб карты по километровой сетке.

Длина стороны сетки на карте составляет 1000 м

Длина стороны сетки на карте составляет \_\_\_\_\_ см

Вычисления:

Численный масштаб карты составляет \_\_\_\_\_

**Задание 2.4.** Определить численный масштаб карты по измеренному на ней отрезку, если известно горизонтальное проложение соответствующего ему расстояния на местности.



Длина отрезка АВ на местности составляет \_\_\_\_\_ м  
 Длина отрезка АВ на плоскости \_\_\_\_\_ см  
 Вычисления:

Численный масштаб составляет \_\_\_\_\_

**Задание 2.5.** Вычислить предельную точность масштаба карты, графическую точность карты, точность тиражного оттиска карты.

Масштаб карты **1:300 000**, т.е. в 1 см \_\_\_\_\_ м или в 1 мм \_\_\_\_\_ м на местности.  
 Предельная точность масштаба:  $t_{mp}$  = \_\_\_\_\_ м,  
 Графическая точность масштаба:  $t_{gp}$  = \_\_\_\_\_ м,  
 Точность тиражного оттиска:  $t_{тип.от.}$  = \_\_\_\_\_ м.

Масштаб карты 1: \_\_\_\_\_, т.е. в 1 см \_\_\_\_\_ м или в 1 мм \_\_\_\_\_ м на местности.  
 Предельная точность масштаба: \_\_\_\_\_ м,  
 Графическая точность масштаба: \_\_\_\_\_ м,  
 Точность тиражного оттиска: \_\_\_\_\_ м.

**Задание 2.6.** Вычертить линейный масштаб для заданного численного масштаба.

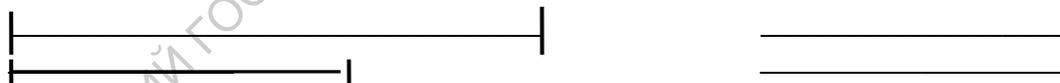
Масштаб \_\_\_\_\_, т.е. в 1 см \_\_\_\_\_ метров. Длина основания \_\_\_\_\_ см  
 Основа для построения:

\_\_\_\_\_

**Задание 2.7.** Построить отрезки заданной длины по разграфке построенного линейного масштаба.

\_\_\_\_\_

**Задание 2.8.** По разграфке построенного линейного масштаба измерить длины нижерасположенных отрезков.



**Задание 2.9.** Построить переходный масштаб (масштаб шагов) для выполнения глазомерной съемки местности.

**Дано:** масштаб съемки 1:500,  
 длина основания линейного масштаба - 2 см,  
 в 100 метрах 72 пары шагов

**Решение:** 100 м – 72 п.ш.  
 а – 10 п.ш.  
 а = \_\_\_\_\_ м

Основа для построения:

1:500  
 в 1 см \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Задание 2.10.** По переходному масштабу (масштаб шагов) определить длины отрезков на местности в метрах, если известна их длина в парах шагов.

1. 27 п.ш. составляет \_\_\_\_\_ м;
2. \_\_\_\_\_ п.ш. составляет \_\_\_\_\_ м;
3. \_\_\_\_\_ п.ш. составляет \_\_\_\_\_ м.

**Задание 2.11.** Построить отрезки заданной длины по разграфке нормального поперечного масштаба. Аккуратно отметить крестиками начало и окончание каждого отрезка



| №№<br>п/п | Численный<br>масштаб | Расстояние,<br>м | №№<br>п/п | Численный<br>масштаб | Расстояние,<br>м |
|-----------|----------------------|------------------|-----------|----------------------|------------------|
| AB        | 1:10000              | 432              | KL        |                      |                  |
| CD        |                      |                  | MN        |                      |                  |

**Ход рассуждений:**

|                  |                    |                    |                    |                    |
|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1: 10 000        | 1: 25 000          | 1: 50 000          | 1: 100 000         | 1: 200 000         |
| в 1 см 100 м     | в 1 см 250 м       | в 1 см _____ м     | в 1 см _____ м     | в 1 см _____ м     |
| A = 2 см = 200 м | A = 2 см = _____ м |
| 1/10 A = 20 м    | 1/10 A = _____ м   | 1/10 A = _____ м   | 1/10 A = _____ м   | 1/10 A = _____ м   |
| 1/100 A = 2 м    | 1/100 A = _____ м  | 1/100 A = _____ м  | 1/100 A = _____ м  | 1/100 A = _____ м  |

**Задание 2.12.** Построить отрезки заданной длины с помощью специальной металлической линейки поперечного масштаба (ЛПМ-1).

| №№<br>п/п      | Численный масштаб | Расстояние, м |
|----------------|-------------------|---------------|
| 1              |                   |               |
| 2 (вариант № ) |                   |               |
| 3 (вариант № ) |                   |               |

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

**Ход рассуждений:**

|                      |                        |                        |                        |                        |
|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1: 10 000            | 1: 25 000              | 1: 50 000              | 1: 100 000             | 1: 200 000             |
| в 1 см 100 м         | в 1 см 250 м           | в 1 см _____ м         | в 1 см _____ м         | в 1 см _____ м         |
| A = _____ см _____ м | A = _____ см = _____ м |
| 1/10 A = _____ м     | 1/10 A = _____ м       | 1/10 A = _____ м       | 1/10 A = _____ м       | 1/10 A = _____ м       |
| 1/100 A = _____ м    | 1/100 A = _____ м      | 1/100 A = _____ м      | 1/100 A = _____ м      | 1/100 A = _____ м      |

**Тема 3. КАРТОМЕТРИЧЕСКИЕ РАБОТЫ:  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИН ЛИНИЙ И ПЛОЩАДЕЙ ОБЪЕКТОВ**

**Способы измерения длин прямых линий по топографической карте:**

- с помощью циркуля-измерителя и линейки, а также используя знаменатель именованного масштаба карты;
- с помощью линейного масштаба;
- с помощью поперечного масштаба;
- с помощью курвиметра.

**Способы измерения длин ломаных линий по топографической карте:**

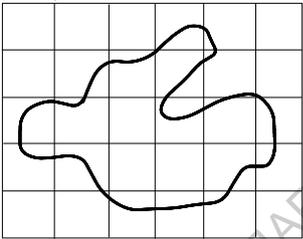
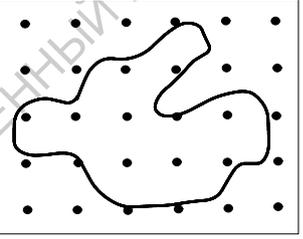
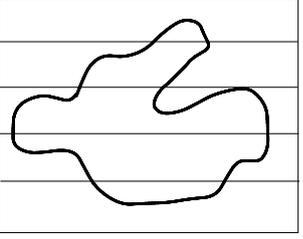
- методом наращивания створов;
- с помощью курвиметра.

**Способы измерения длин извилистых линий по топографической карте:**

- методом «шагов»;
- с помощью курвиметра.

**Основные способы определения площади объектов на топографических картах:**

- с помощью палетки;
- методом подобия геометрических фигур;
- с помощью планиметра;
- по прямоугольным координатам вершин контура.

| Площадь ( $P$ , $m^2$ , га, $км^2$ ) вычисляют по формулам:  |   |  |
|--|---|--|
| а) квадратная  | б) точечная   | в) линейная  |
| $P = a \cdot (n_1 + (n_2/2))$ , где<br>$a$ - вес клетки, га;<br>$n_1$ - число полных клеток;<br>$n_2$ - число неполных клеток. | $P = a \cdot m$ , где<br>$a$ - вес точки, га;<br>$m$ - число точек в контуре.             | $P = L \cdot d$ , где<br>$L$ - общая длина всех линий, попадающих внутрь контура, км;<br>$d$ - расстояние между линиями, км. |
| а)<br>                                      | б)<br> | в)<br>                                   |

Пример вычисления площади вышерасположенного контура ( $P$ :  $m^2$ , га,  $км^2$ ) с помощью различных палеток с учетом того, что контур расположен на карте масштаба 1:25000

| а) квадратная палетка  | б) точечная палетка  | в) линейная палетка  |
|--|--|--|
| $a =$ _____;<br>$n_1 =$ _____;<br>$n_2 =$ _____.<br>$P = a \cdot (n_1 + (n_2/2)) =$<br>_____ $m^2$<br>_____ га<br>_____ $км^2$ | $a =$ _____;<br>$m =$ _____.<br>$P = a \cdot m =$<br>_____ $m^2$<br>_____ га<br>_____ $км^2$ | $L =$ _____<br>$d =$ _____<br>$P = L \cdot d =$<br>_____ $m^2$<br>_____ га<br>_____ $км^2$ |

Рисунок 3. Примеры палеток для измерения площади

**Задание 3.1.** Измерить разными способами расстояния по топографической карте «СНОВ» масштаба \_\_\_\_\_.

| Точка 1 | Точка 2 | Способ             | Расстояние, м |
|---------|---------|--------------------|---------------|
|         |         | цикуль, линейка    |               |
|         |         | линейный масштаб   |               |
|         |         | поперечный масштаб |               |
|         |         | курвиметр          |               |
|         |         | метод наращивания  |               |
|         |         | курвиметр          |               |
|         |         | метод «шагов»      |               |
|         |         | курвиметр          |               |

**Задание 3.2\*.** Определить погрешность измерения длины реки \_\_\_\_\_ по методу «шагов». Масштаб карты \_\_\_\_\_, длина шага \_\_\_\_\_ метров.

| Порядковый номер измерения | Количество «шагов» | Длина реки, $X_i$ , м | Среднее арифметическое длины реки по проведенным измерениям $\Delta$ , м | $\delta_i$ , (уклонение) | $\delta_i^2$ |
|----------------------------|--------------------|-----------------------|--|--------------------------|--------------|
| 1                          |                    |                       |  |                          |              |
| 2                          |                    |                       |  |                          |              |
| 3                          |                    |                       |  |                          |              |

**Ход выполнения математической обработки равноточных измерений одной величины.**

1. Определить с помощью микроизмерителя методом «шагов» длину заданной реки тремя-пятью измерениями (причем, длину определять, перемещая микроизмеритель по осевой части вдоль русла реки):

$$X_1, X_2, X_3, \dots, X_i,$$

2. Вычислить среднее арифметическое измерений ( $\Delta$ ):

$$\Delta = (X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_i) / n,$$

где  $n$  – количество измерений.

3. Вычислить вероятнейшую погрешность измерения (уклонение) ( $\delta_i$ ):

$$(\pm) \delta_i = X_i - \Delta =$$

4. Вычислить среднеквадратическую погрешность одного результата измерения ( $m$ ):

$$m = \sqrt{(\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \dots + \delta_i^2) / n} \quad (\text{по Гауссу})$$

$$m = \sqrt{(\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \dots + \delta_i^2) / (n - 1)} \quad (\text{по Бесселю}) =$$

5. Вычислить среднюю квадратическую погрешность арифметической средней (середины) ( $M$ ):

$$M = m / \sqrt{n} =$$

6. Вычислить относительную погрешность одного результата ( $f_{\text{отн}}$ ):

$$f_{\text{отн}} = m / \Delta \quad \text{или} \quad 1 / (\Delta : m) =$$

которая должна быть выражена 1/1000 – 1/2000 (!!!!!!!)

7. Вычислить предельную (допустимую) погрешность ( $f_{\text{доп}}$ ): \_\_\_\_\_

$$f_{\text{доп}} = 3 m =$$

Если  $f_{\text{доп}} \geq f_{\text{отн}}$ , то измерения проведены в пределах допуска. Чем больше соответствует среднему арифметическому одно из измерений, тем точнее оно проведено.



**Задание 3.5\*. Вычислить относительные погрешности определения площади объекта.**

*Примечание.* Измерения площадей выполнить дважды (в двух вариантах размещения контура объекта – вдоль линий палетки и по диагонали к линиям палетки). Квадратную палетку применить для определения площади озера (населенного пункта, а линейную – для лесного массива).

*Применение палеток обеспечивает точность определения площади с относительной погрешностью от 1/50 до 1/100 (!!!!!).*

**Озеро (населенный пункт):**

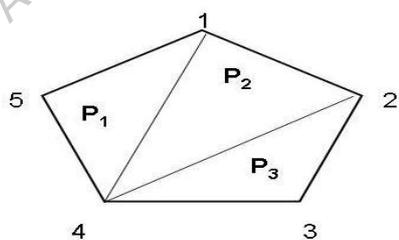
| Квадратная палетка | Работа с палеткой |                   | Площадь, га | Расхождение $P_1 - P_2$ | Среднее арифметическое, $P$ | Относительная погрешность $\frac{(P_1 - P_2)}{P}$ |
|--------------------|-------------------|-------------------|-------------|-------------------------|-----------------------------|---|
| вдоль              | $(n_1+n_2)/2$     | $a, \text{ км}^2$ | $P_1 =$     |                         |                             |   |
|                    |                   |                   |             |                         |                             |   |
| по диагонали       | $(n_1+n_2)/2$     |                   | $P_2 =$     |                         |                             |   |
|                    |                   |                   |             |                         |                             |   |

**Лесной массив:**

| Линейная палетка | Работа с палеткой |                 | Площадь, га | Расхождение $P_1 - P_2$ | Среднее арифметическое, $P$ | Относительная погрешность $\frac{(P_1 - P_2)}{P}$ |
|------------------|-------------------|-----------------|-------------|-------------------------|-----------------------------|---|
| вдоль            | $L, \text{ км}$   | $d, \text{ км}$ | $P_1 =$     |                         |                             |   |
|                  |                   |                 |             |                         |                             |   |
| по диагонали     | $L, \text{ км}$   |                 | $P_2 =$     |                         |                             |   |
|                  |                   |                 |             |                         |                             |   |

**Задание 3.6. Вычислить площадь топографического полигона по способу подобия геометрических фигур (рис 5).**

*Примечание:* разбить полигон на несколько треугольников, в каждом из них определить основание и к нему построить высоту, измерить длину основания в сантиметрах и перевести в километры с помощью именованного масштаба, измерить высоту треугольника в сантиметрах и перевести в километры с помощью именованного масштаба, вычислить площадь каждого треугольника в  $\text{км}^2$ , вычислить общую площадь полигона.



$$P = P_1 + P_2 + P_3 = \underline{\hspace{10em}} \text{ км}^2$$

$$P_1 = (a/2) \cdot h = \underline{\hspace{10em}} \text{ км}^2$$

$$P_2 = (a/2) \cdot h = \underline{\hspace{10em}} \text{ км}^2$$

$$P_3 = (a/2) \cdot h = \underline{\hspace{10em}} \text{ км}^2$$

Рисунок 5. Пример разбивки полигона на треугольники

#### Тема 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ

##### Системы координат в геодезии:

- Географические координаты (широта и долгота);
- Прямоугольные координаты (оси абсцисс и ординат);
- Полярные координаты (расстояние и направление).

##### Географические координаты

Географические координаты определяют местоположение объекта на земной поверхности и на карте (рис.6).

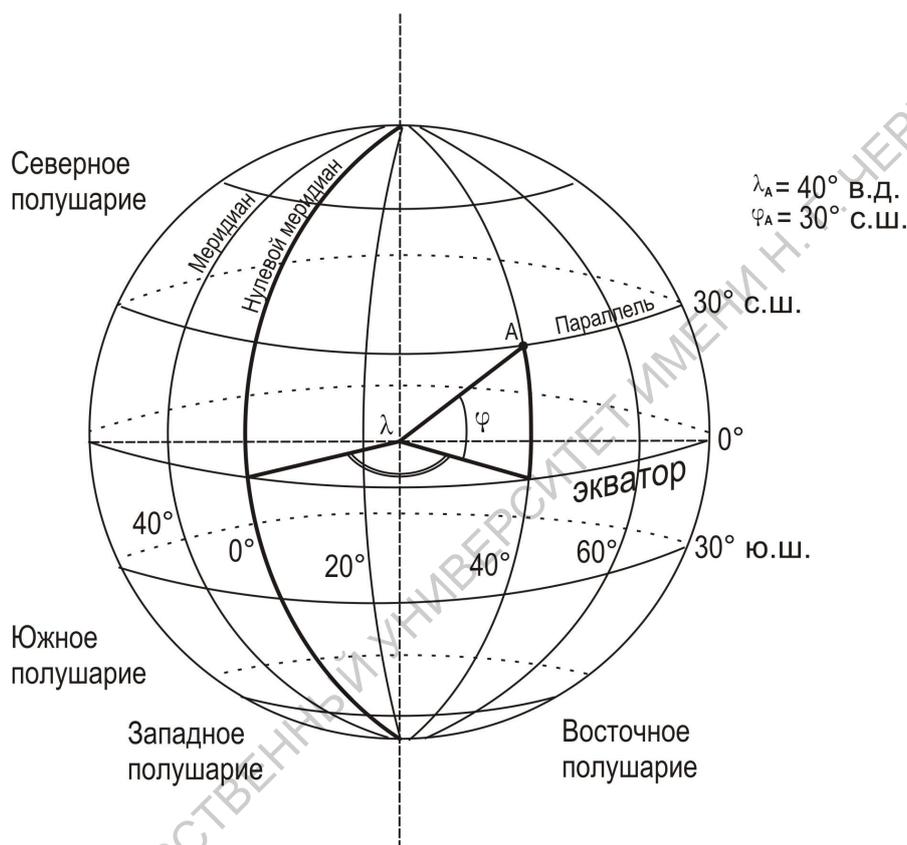


Рисунок 6. Схема основных линий и географических координат на сфере

К основным точкам и линиям на земном эллипсоиде относят северный полюс и южный полюс, меридианы, параллели, экватор, нулевой меридиан.

Длина экватора составляет 40075 696 м, длина одного градуса долготы по экватору \_\_\_\_\_ м (по Ф.Н.Красовскому). Линии, параллельные экватору, принято называть **параллелями**. Линии, проходящие через Северный и Южный полюсы, \_\_\_\_\_ . Линии, изображающие меридианы и параллели, образуют так называемую **градусную сеть**, по которой и определяют положение любой точки на земной поверхности (**координаты географические**).

К координатам относят **широту** и **долготу** (рис. 6).

**Географическая широта** ( $\varphi$ ) - угол между отвесной линией в данной точке и плоскостью экватора. Широты отсчитываются по меридиану от  $0^0$  до  $90^0$  по обе стороны от экватора и соответственно этому называются северными и южными.

**Географическая долгота** ( $\lambda$ ) -

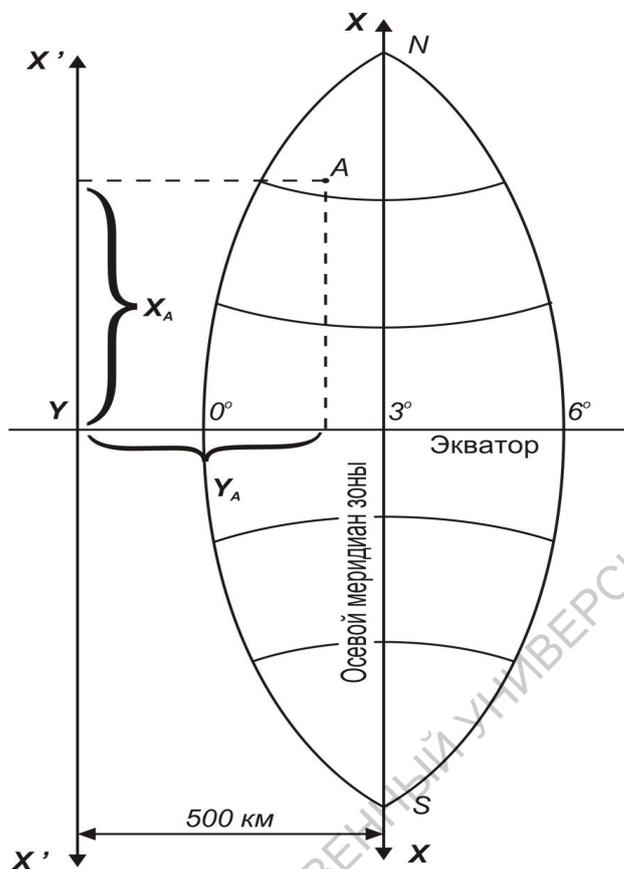
---

---

Долготы изменяются от \_\_\_\_\_ до \_\_\_\_\_ и отсчитываются по параллели от \_\_\_\_\_ соответственно к востоку (восточная долгота) и к западу (западная долгота).

### Прямоугольные координаты

Местоположение объектов в системе прямоугольных координат определяется в линейных величинах (в метрах или километрах) по оси абсцисс (ось  $X$ ) и ординат (ось  $Y$ ). В геодезии принято осью абсцисс считать осевой меридиан, а осью ординат – экватор



Нумерация геодезических зон ведется с запада на восток через каждые  $6^\circ$  от Гринвичского меридиана

Чтобы в пределах зоны не было отрицательных ординат, начало отсчета ординат в каждой зоне переносят к западу на 500 км, т.е. ординату точек, находящихся на осевом меридиане, считают равной 500 км..

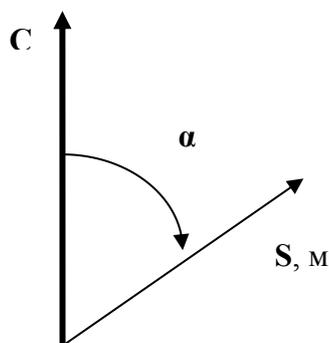
Рассмотрим на рис.6 положение точки А. Точка А расположена в IV четверти, поэтому координата  $X$  будет положительной ( $+X$ ), а координата  $Y$  будет отрицательной ( $-Y$ ), т.к. точка А расположена к западу от осевого меридиана.

Поэтому к ней необходимо прибавить 500 км. С помощью линейного или поперечного масштабов производят измерения  $X_A$  и  $Y_A$ .

Точки с одними и теми же координатами могут находиться в любой из 60 зон, поэтому к ним приписывают номер геодезической зоны по  $Y$ .

Рисунок 7. Расположение координатных осей в прямоугольной системе координат

### Полярные координаты.



**Полярные сферические координаты** – две координаты (зенитное расстояние и азимут), определяющие положение точки на поверхности земного шара и соответственной точки на карте (рис.8). В случае совпадения начала координат и полюса земного шара, полярные сферические координаты совпадают с географическими. Полюсом является начальная точка отсчета.

Полярные координаты широко применяются в прокладывании маршрута следования.

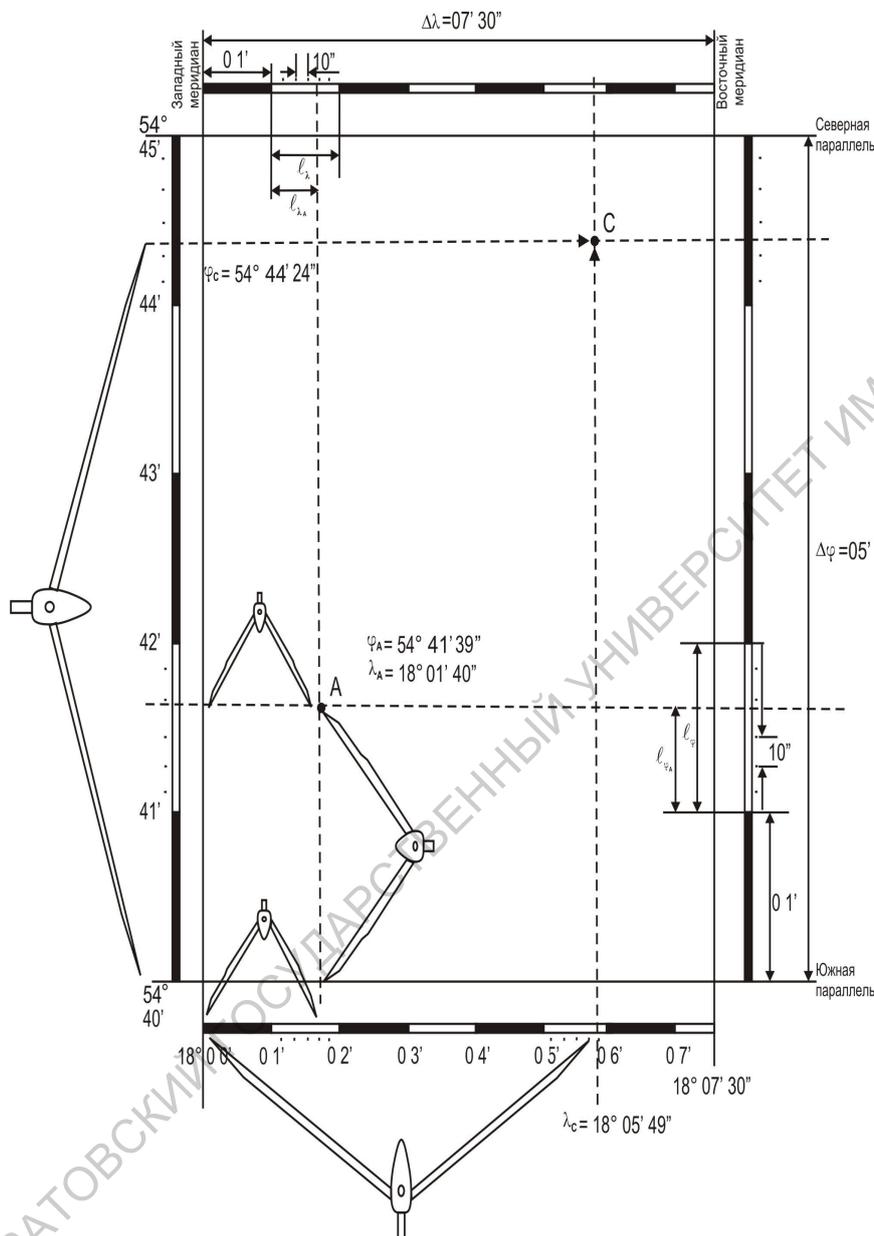
Рисунок 8. Полярные координаты

**Задание 4.1. Определить долготу осевого меридиана карты масштаба 1:25000 по формуле:**

$$\lambda_{ос} = 3^{\circ} \cdot (2n-1), \text{ где } n - \text{ номер зоны} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\lambda_{ос} = \underline{\hspace{2cm}}$$

**Задание 4.2. Определить географические координаты точек.** При выполнении задания допускается определение географических координат визуально, «на глаз». Результаты внести в таблицу, расположенную под рисунком 9.



**Последовательность действий**

- через точку провести линии, перпендикулярные к минутной рамке. Для этого можно использовать прямоугольный треугольник (по углу  $90^{\circ}$ ) или циркуль-измеритель (по наибольшему радиусу кривизны);
- определить географическую широту в градусах и целых минутах от южной параллели на север до построенной горизонтальной линии;
- определить географическую долготу в градусах и целых минутах от западного меридиана на восток до построенной вертикальной линии;
- визуально, по точкам в пределах пересеченной минуты, определить «на глаз» количество секунд по широте, и, соответственно, по долготе;
- прибавить вычисленное число секунд к градусам и целому числу минут по широте, и, соответственно, вычисленное число секунд градусам и целому числу минут по долготе.

Рисунок 9. Определение географических координат

Заполнить таблицу данными по географической широте и географической долготе нескольких точек, расположенных на топокарте

| Номер точки        | Точка 1 |    |    | Точка 2 |   |    | Точка 3 |   |    |
|--------------------|---------|----|----|---------|---|----|---------|---|----|
| Объект             | кам.    |    |    |         |   |    |         |   |    |
|                    | °       | '  | '' | °       | ' | '' | °       | ' | '' |
| Широта, $\varphi$  | 54      | 40 | 08 |         |   |    |         |   |    |
| Долгота, $\lambda$ |         |    |    |         |   |    |         |   |    |

**Задание 4.3 . Определить географические координаты вершин топографического полигона.** Данные занести в таблицу. При выполнении задания допускается определение географических координат визуально, «на глаз».

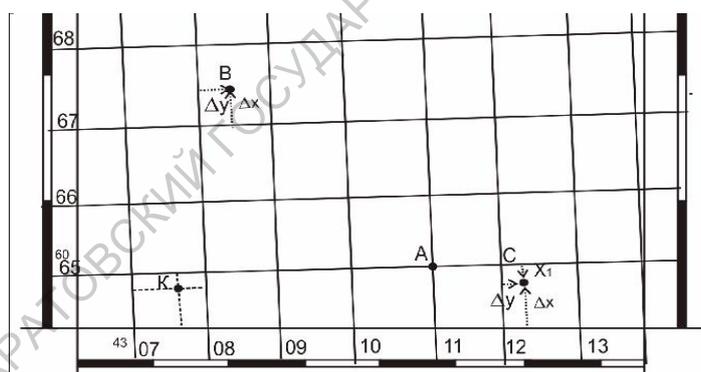
| Номер точки        | Точка 1 |   |    | Точка 2 |   |    | Точка 3 |   |    | Точка 4 |   |    | Точка 5 |   |    |
|--------------------|---------|---|----|---------|---|----|---------|---|----|---------|---|----|---------|---|----|
| Объект             |         |   |    |         |   |    |         |   |    |         |   |    |         |   |    |
|                    | °       | ' | '' | °       | ' | '' | °       | ' | '' | °       | ' | '' | °       | ' | '' |
| Широта, $\varphi$  |         |   |    |         |   |    |         |   |    |         |   |    |         |   |    |
| Долгота, $\lambda$ |         |   |    |         |   |    |         |   |    |         |   |    |         |   |    |

**Задание 4.4. По заданным географическим координатам определить объекты карты.**

| Номер точки | Условный знак и название точки | Географические координаты |             |
|-------------|--------------------------------|---------------------------|-------------|
|             |                                | $\varphi$                 | $\lambda$   |
| 1.          | точка С (рис.9)                | 54° 44' 24"               | 18° 05' 49" |
| 2.          |                                | 54 °40' 20"               | 18° 06' 02" |
| 3.          |                                | 54 ° 41' 24"              | 18° 04' 02" |
| 4.          |                                | 54 ° 41' 56"              | 18° 07' 00" |
| 5.          |                                | 54 ° 42' 46"              | 18° 07' 16" |

**Задание 4.5. Определить прямоугольные координаты точек.**

Результаты внести в таблицу, расположенную под рисунком 10. При выполнении задания допускается определение прямоугольных координат как по линейному, так и по поперечному масштабам.



$X_A = 60\,65,0$  км (или 60 65 000 м),  
 $Y_A = 43\,11,0$  км (или 43 11 000 м).

$X_B = 60\,67,42$  км (или 60 67 420 м),  
 $Y_B = 43\,08,4$  км (или 43 08 400 м).

$X_C = 60\,64,85$  км (или 60 64 850 м),  
 $Y_C = 43\,12,385$  км (или 43 12 385 м).

Рисунок 10. Определение прямоугольных координат

Заполнить таблицу данными по прямоугольным координатам нескольких точек топокарты.

| Номер точки | Точка 1          | Точка 2 | Точка 3 |
|-------------|------------------|---------|---------|
| Объект      | 144.3 (кл.Белый) |         |         |
| X, м        |                  |         |         |
| Y, м        | 43 13 410        |         |         |

**Задание 4.6.** Определить прямоугольные координаты вершин топографического полигона. Данные занести в таблицу. При выполнении задания допускается определение прямоугольных координат как по линейному, так и по поперечному масштабам.

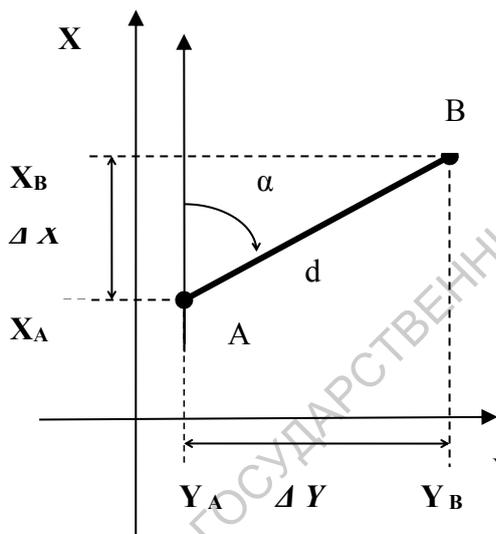
| Номер точки | Точка 1 | Точка 2 | Точка 3 | Точка 4 | Точка 5 |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Объект      |         |         |         |         |         |
| X, м        |         |         |         |         |         |
| Y, м        |         |         |         |         |         |

**Задание 4.7.** По заданным прямоугольным координатам определить объекты карты.

| Номер точки | Условный знак и название точки | Прямоугольные координаты, м |           |
|-------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------|
|             |                                | X                           | Y         |
| 1.          | Точка К (рис.10)               | 60 64 800                   | 43 07 700 |
| 2.          |                                | 60 66 505                   | 43 13 530 |
| 3.          |                                | 60 67 805                   | 43 14 250 |
| 4.          |                                | 60 67 410                   | 43 14 063 |
| 5.          |                                | 60 68 631                   | 43 12 699 |

**Задание 4.8.** Решить обратную геодезическую задачу.

Пример решения и методические указания. Определить расстояние (горизонтальное проложение) и направление (дирекционный угол) по двум точкам, имеющим прямоугольные координаты (рис.11).



**Дано:**

$$X_A = 60\ 67\ 550\ \text{м}$$

$$Y_A = 43\ 11\ 000\ \text{м}$$

$$X_B = 60\ 65\ 510\ \text{м}$$

$$Y_B = 43\ 12\ 010\ \text{м}$$

**Найти:**  $\alpha$ ?,  $d$ ?

**Решение:**

Горизонтальные проложения:

$$d_1 = \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2}$$

$$\Delta X = X_B - X_A$$

$$\Delta Y = Y_B - Y_A$$

$$d_2 = \frac{\Delta X}{\cos \alpha}$$

$$d_3 = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha}$$

Дирекционный угол:

$$\alpha = \arctg \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

**Контроль вычислений:**

$$d_1 = d_2 = d_3$$

**Пример решения**

$$\Delta X = 6065510 - 6067550 = -2040\ \text{м}$$

$$\Delta Y = 4312010 - 4311000 = 1010\ \text{м}$$

$$d_1 = \sqrt{(-2040)^2 + (1010)^2} = \\ = \sqrt{5181700} = 2276,33\ \text{м}$$

$$\alpha_1 = \arctg \frac{1010}{-2040} = \\ = \arctg (-0,495098039) = \\ = (-26^\circ 20' 24'')$$

Поскольку приращение координат по  $\Delta X$  имеет отрицательный знак, а приращение по  $\Delta Y$  – положительный, значит точка B относительно точки A находится во 2-ой четверти и при вычислении дирекционного угла мы должны воспользоваться формулой тригонометрического приведения:

$$\alpha = 180 - \alpha_1 = 180 - 26^\circ 20' 24'' \\ = 153^\circ 39' 36''$$

$$d_2 = -2040 / \cos 153^\circ 39' 36'' = \\ = -2040 / -0,896176889 = \\ = 2276,34\ \text{м}$$

$$d_3 = 1010 / \sin 153^\circ 39' 36'' = \\ = 1010 / 0,443696948 = \\ = 2276,33\ \text{м}$$

Рисунок 11. Пример решения обратной геодезической задачи

Для вычислений используют либо инженерный калькулятор, либо обычный калькулятор и четырехзначные таблицы тригонометрических функций.

При вводе в калькулятор значений минут и секунд необходимо использовать функцию перевода их в десятые доли градуса и обратно при получении дирекционного угла. В противном случае в ходе вычислений будет допущена погрешность в несколько метров. Следует обязательно учитывать знаки приращений. Кроме этого, для 2-ой, 3-й и 4-ой четверти необходимо применить формулы тригонометрического приведения.

*Последовательность выполнения некоторых вычислений  
при работе с отдельными типами инженерных калькуляторов*

| <i>тип калькулятора – KENKO KK-107A, SCIENTIFIC FUNCTIONS 56</i> |  |   |
|--|--|---|
| 54° 41' 38"  | 54,4138 → <b>-DEG</b>  | 54,69388889                                 |
| cos 54° 41' 38"  | 54,4138 → <b>-DEG</b> → <b>cos</b>                                     | 54,69388889<br>0,577944669                  |
| sin 54° 41' 38"  | 54,4138 → <b>-DEG</b> → <b>sin</b>                                     | 54,69388889<br>0,816075951                  |
| tg 54° 41' 38"   | 54,4138 → <b>-DEG</b> → <b>tg</b>                                      | 54,69388889<br>1,41203128                   |
| arctg 230/400  | 230 → ÷ → 400 → = → 2ndF → <b>tg<sup>-1</sup></b> → 2ndF → <b>D.MS</b> | 0,575<br>29,89890183<br>29° 53'56"          |
| 45,50  | 45,50 → 2ndF → <b>D.MS</b>   | 45° 30' 00"                                 |
| 400/cos54°41'38"   | 400 → ÷ → 54,4138 → <b>-DEG</b> → <b>cos</b> → =                       | 400<br>54,69388889<br>0,577944669<br>692,11 |
| <i>тип калькулятора – CITIZEN SRP-145T, SCIENTIFIC FUNCTIONS</i> |  |   |
| 54° 41' 38"  | 54,4138 → SHIFT → ° ' " →  | 54,69388889                                 |
| cos 54° 41' 38"  | 54,4138 → SHIFT → ° ' " → <b>cos</b>                                   | 54,69388889<br>0,57794467                   |
| sin 54° 41' 38"  | 54,4138 → SHIFT → ° ' " → <b>sin</b>                                   | 54,69388889<br>0,816075952                  |
| tg 54° 41' 38"   | 54,4138 → SHIFT → ° ' " → <b>tg</b>                                    | 54,69388889<br>1,41203128                   |
| arctg 230/400  | 230 → ÷ → 400 → = → SHIFT → <b>tg<sup>-1</sup></b> → SHIFT → ° ' "     | 0,575<br>29,89890184<br>29° 53'56"          |
| 45,50  | 45,50 → SHIFT → ° ' "  | 45° 30' 00"                                 |
| 400/cos54°41'38"   | 400 → ÷ → 54,4138 → SHIFT → ° ' " → <b>cos</b> → =                     | 400<br>54,69388889<br>0,57794467<br>692,11  |

**Решение обратной геодезической задачи  
по данным прямоугольных координат топографического полигона**

Для решения задачи необходимо использовать прямоугольные координаты двух вершин топографического полигона (по выбору студентов).

**Дано:**

$$X_A = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м} \quad X_B = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}$$

$$Y_A = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м} \quad Y_B = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}$$

**Найти:**  $\alpha$ -? ,  $d$ -?

**Решение:**

$$\Delta X = X_B - X_A = \underline{\hspace{4cm}} \text{ м}$$

$$\Delta Y = Y_B - Y_A = \underline{\hspace{4cm}} \text{ м}$$

$$d_1 = \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2} = \underline{\hspace{4cm}}$$

$$\alpha = \arctg \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \underline{\hspace{4cm}}$$

$$d_2 = \frac{\Delta X}{\cos \alpha} = \underline{\hspace{4cm}}$$

$$d_3 = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha} = \underline{\hspace{4cm}}$$

**Контроль вычислений:**  $d_1 = d_2 = d_3$ ;  $\underline{\hspace{1cm}} \text{ м} = \underline{\hspace{1cm}} \text{ м} = \underline{\hspace{1cm}} \text{ м}$

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО

## Тема 5. ОРИЕНТИРОВАНИЕ ЛИНИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВ ОРИЕНТИРОВАНИЯ ПО ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ

При организации и проведении работ на местности применяют такие геодезические инструменты как *буссоль* и *компас* (горный компас или туристический компас).

**Основные углы ориентирования** (рис.12):

- **азимут истинный (географический) ( $A_{\Gamma}$ )** – это горизонтальный угол между северным направлением географического меридиана, проходящего через заданную точку, и направлением на заданный объект. Определяется по карте от северного направления меридиана по часовой стрелке и изменяется от  $0^{\circ}$  до  $360^{\circ}$ .
- **магнитный азимут ( $A_{\text{м}}$ )** –

- **дирекционный угол ( $\alpha$ )** - это горизонтальный угол между северным направлением вертикальной линии координатной сетки топографической карты и направлением на заданную точку, который отсчитывается по ходу часовой стрелки. На топографической карте как правило измеряют дирекционный угол.

- **румб ( $r$ )** -

Румб может принимать значения от  $0^{\circ}$  до  $90^{\circ}$ .

**Поправочные углы:**

- **магнитное склонение ( $\delta$ )** -
- **гауссово сближение меридианов ( $\gamma$ )** – это угол между северными направлениями истинного (географического) меридиана и вертикальной линией сетки;
- **поправка направления (ПН)** представляет собой

**Магнитное склонение ( $\delta$ ), гауссово сближение меридианов ( $\gamma$ ) и поправка направления (ПН)** могут быть положительными ( ) и отрицательными ( ).

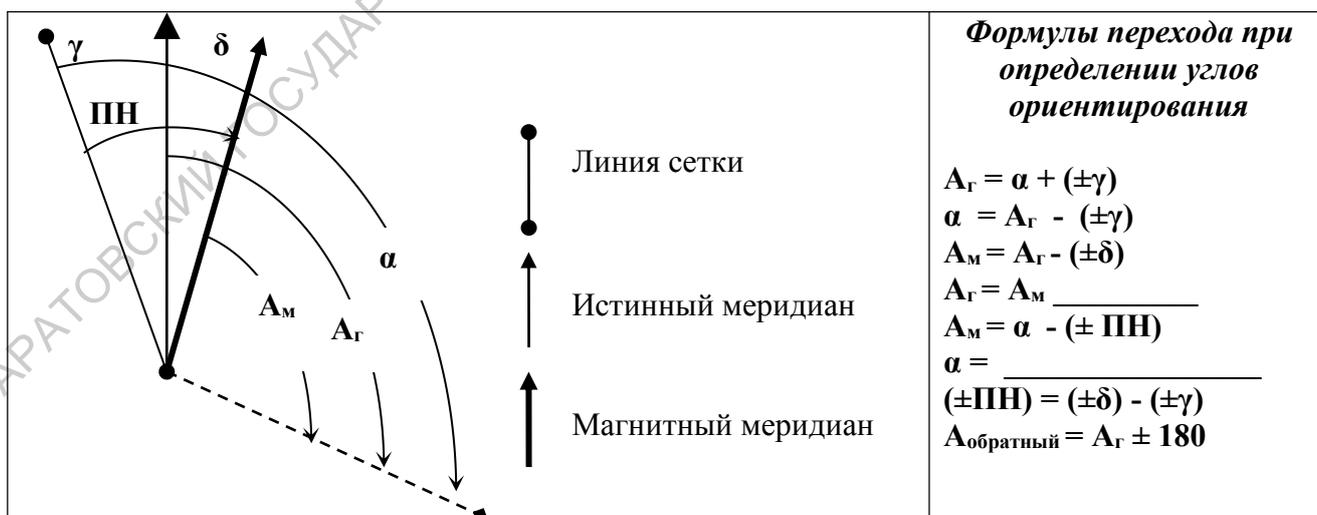


Рисунок 12. Углы ориентирования, применяемые в геодезии

Математические выражения, определяющие взаимные переходы углов при вычислении румбов:

| Номер четверти | Интервалы               | Обозначение румбов | Формулы для вычисления румбов   | Примеры вычисления румбов                                 |
|----------------|-------------------------|--------------------|---|---|
| 1 четверть     | $0^\circ - 90^\circ$    | СВ:                | $r_\Gamma = A_\Gamma$<br>$r_M = A_M$<br>$r_\alpha = \alpha$                                     | $A_M = 59^\circ 06'$<br>$r_M = \text{СВ: } 59^\circ 06'$  |
| 2 четверть     | $90^\circ - 180^\circ$  | ЮВ:                | $r_\Gamma = 180^\circ - A_\Gamma$<br>$r_M = 180^\circ - A_M$<br>$r_\alpha = 180^\circ - \alpha$ | $A_M = 159^\circ 06'$<br>$r_M = \text{ЮВ: } 20^\circ 54'$ |
| 3 четверть     | $180^\circ - 270^\circ$ | ЮЗ:                | $r_\Gamma = A_\Gamma - 180^\circ$<br>$r_M = A_M - 180^\circ$<br>$r_\alpha = \alpha - 180^\circ$ | $A_M = 259^\circ 06'$<br>$r_M = \text{ЮЗ: } 79^\circ 06'$ |
| 4 четверть     | $270^\circ - 360^\circ$ | СЗ:                | $r_\Gamma = 360^\circ - A_\Gamma$<br>$r_M = 360^\circ - A_M$<br>$r_\alpha = 360^\circ - \alpha$ | $A_M = 349^\circ 06'$<br>$r_M = \text{СЗ: } 10^\circ 54'$ |

Задание 5.1. Измерить дирекционные углы, обозначенные на рисунке 13, и для каждого из них вычислить румб.

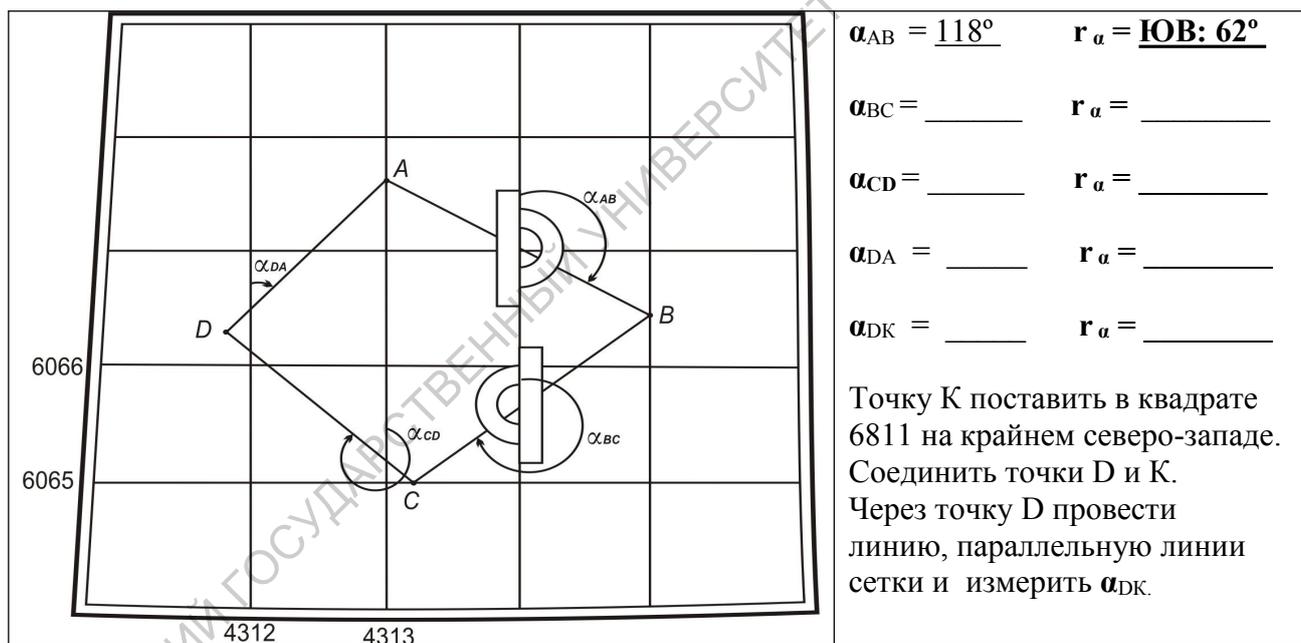


Рисунок 13. Приемы измерения дирекционных углов





## Тема 6. ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЛЬЕФА НА ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТАХ

Рельеф –

Горизонталь -

Абсолютная высота (абсолютная отметка) ( $H_{\text{абс}}$ , м) –

Высота сечения рельефа ( $h$ , м) –

Относительная высота (относительная отметка) ( $H_{\text{отн}}$ ) –

Заложение горизонталей -

**Задание 6.1.** Определить высоту сечения рельефа листа топографической карты.

Высота сечения рельефа ( $h$ ) равна \_\_\_\_\_. Масштаб карты \_\_\_\_\_.  
Система высот \_\_\_\_\_.

**Задание 6.2.** Вычислить высоту сечения рельефа, изображенного на рисунке 15.

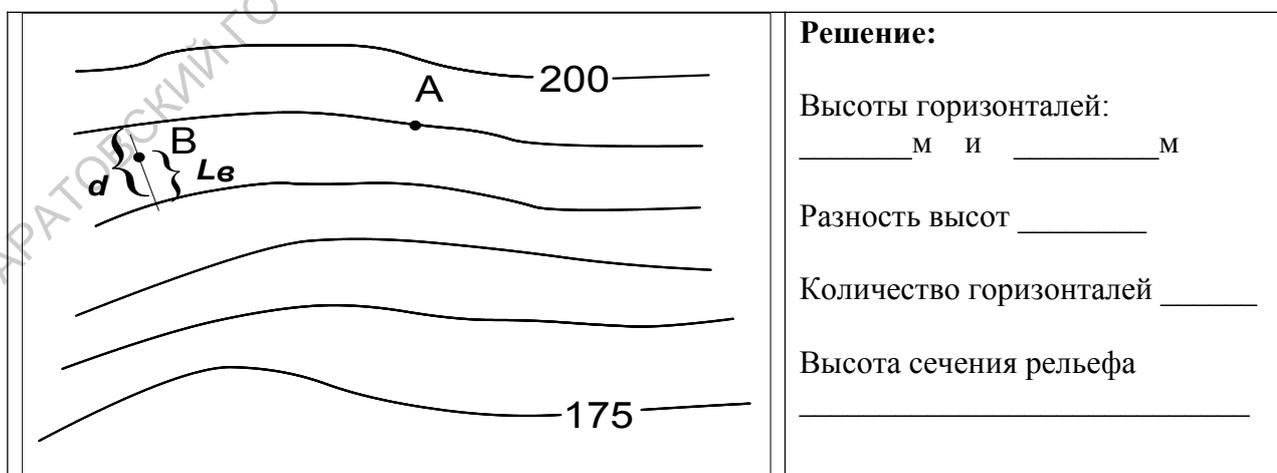


Рисунок 15. Определение абсолютных и относительных высот точек

**Задание 6.3. Определение абсолютных и относительных высот точек местности.**

На рисунке 15:

Абсолютная высота точки А ( $H_{абс А}$ ) составляет \_\_\_\_\_ м  
 Абсолютная высота точки В ( $H_{абс В}$ ) составляет \_\_\_\_\_ м (визуально)  
 Относительная высота (превышение) ( $H_{отн АВ}$ ) равна \_\_\_\_\_ м

\*Наиболее точное вычисление отметки точки В:

Заложение ( $d$ ) = \_\_\_\_\_ см      Сечение ( $h$ ) = \_\_\_\_\_ м  
 Расстояние до точки В ( $L_B$ ) = \_\_\_\_\_ см      Превышение ( $h_B$ ) = \_\_\_\_\_ м:  
 $h_B = (h \cdot L_B) / d =$  \_\_\_\_\_ м  
 $H_{абс В} = H_{абс нижележащей горизонтали} + h_B =$  \_\_\_\_\_ м

По топографической карте «СНОВ» масштаба \_\_\_\_\_ в квадрате \_\_\_\_\_:  
 Наибольшая абсолютная высота на крайнем \_\_\_\_\_ составляет \_\_\_\_\_ м  
 Наименьшая абсолютная высота на крайнем \_\_\_\_\_ составляет \_\_\_\_\_ м  
 Относительная высота (амплитуда) ( $H_{отн, Амп}$ ) равна \_\_\_\_\_ м

**Задание 6.4. Определить уклон поверхности по топографической карте в квадрате \_\_\_\_\_.** Направление движения – с \_\_\_\_\_ на \_\_\_\_\_.

Уклон ( $i$ ) определяется отношением превышения ( $h$ ) двух точек к расстоянию между ними ( $l$ ):

$$\pm i = h / l, \text{ где } h = H_{кон} - H_{нач}$$

$H_{нач} =$  \_\_\_\_\_ м,  $H_{кон} =$  \_\_\_\_\_ м,  $l =$  \_\_\_\_\_ м  
 $h =$  \_\_\_\_\_ м;  $\pm i =$  \_\_\_\_\_ м/м, \_\_\_\_\_ % , \_\_\_\_\_ ‰

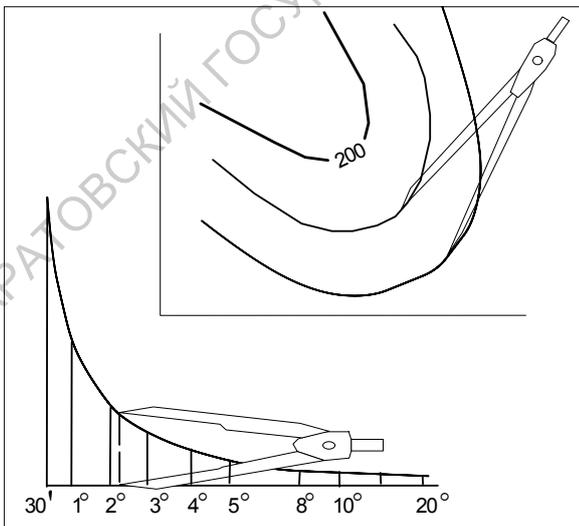
**Задание 6.5. Определить уклон реки \_\_\_\_\_ по топографической карте масштаба \_\_\_\_\_ на участке от \_\_\_\_\_ до \_\_\_\_\_.**

Уклон ( $i$ ) реки определяется отношением падения ( $\Delta H$ ) истоком и устьем или между двумя точками участка реки к длине реки или расстоянию между точками ( $l$ ):

$$\pm i = \Delta H / l, \text{ где } \Delta H = H_1 - H_2$$

$H_1 =$  \_\_\_\_\_ м,  $H_2 =$  \_\_\_\_\_ м,  $l =$  \_\_\_\_\_ км  
 $\Delta H =$  \_\_\_\_\_ м;  $\pm i =$  \_\_\_\_\_ м/м, \_\_\_\_\_ ‰, \_\_\_\_\_ м/км

**Задание 6.6. Определить крутизну склона по шкале (масштабу, графику) заложения в квадрате \_\_\_\_\_ по карте «СНОВ» в направлении с \_\_\_\_\_ на \_\_\_\_\_.**



Крутизной ската называют

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

На рисунке 16 угол наклона равен  $2^{\circ}15'$ .

Рисунок 16. График (шкала) заложения и его использование

С топографической карты на ниже расположенную линию перенести заложения между основными горизонталями и подписать значения крутизны склона для каждого отрезка.

Сделать вывод.



Вывод:

**Задание 6.7.** Найти на карте основные формы рельефа и изобразить их горизонталями.

|            |           |           |                   |                   |                 |
|------------|-----------|-----------|-------------------|-------------------|-----------------|
|            |           |           |                   |                   |                 |
| Холм       | Седловина | Котловина | Склон<br>выпуклый | Склон<br>вогнутый | Склон<br>прямой |
|            |           |           |                   |                   |                 |
| Водораздел | Терраса   | Лощина    | Ложбина           | Балка             | Тальвег         |

Перечислите, какие формы рельефа не отображаются в горизонталях:

---

Каким способом они отображаются на топографической карте? Приведите несколько примеров:

|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|

---

---

---

---

---

---

**Задание 6.8\*.** Составить на кальке схему тальвегов и водоразделов (каркасных линий рельефа) на участок топографического полигона карты «СНОВ».

|  |   |
|--|---|
|  | <p><i>Тальвегом</i> называют линию,</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p><i>Водораздел</i> – это линия,</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> |
|--|---|

**Задание 6.9.** Построить гипсометрический профиль (профиль земной поверхности) по направлению \_\_\_\_\_ на карте.

*Примечание:* 1. горизонтальный масштаб профиля соответствует численному масштабу карты, вертикальный масштаб – в 5-10 раз крупнее горизонтального;

2. Абсолютные высоты дополнительных горизонталей, которые вычерчены пунктирной линией, вычисляются в половину сечения.

$M_{\text{горизонтальный}}$  \_\_\_\_\_

$M_{\text{вертикальный}}$  \_\_\_\_\_

**Н<sub>абс</sub>, м**



**d, м**

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Абсолютные отметки, м |  |
| *Длина участков, м    |  |
| *Уклоны, %            |  |



**\* ИТОГОВАЯ САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**  
**на тему «Описание участка местности по топографической карте»**

**Задание.** Составить подробное географическое описание местности, расположенной внутри обозначенного на карте топографического полигона.

*Описание участка местности проводится для общей характеристики при географических, геологических и других исследованиях. Такие описания почти всегда составляются по принципу от общего к частному, т.е за общей характеристикой территории следует описание по элементам содержания топографической карты. Описание должно быть компактным, кратким, конкретным, подчеркивая свойства местности, важные для данного исследования. Текст описания необходимо строго согласовывать с картой.*

*Описание выполняется на листах формата А4, листы вкладываются в файл. Пример титульного листа прилагается. К тексту обязательно прилагаются условные знаки всех объектов, расположенных на полигоне, и копия топокарты.*

*Описание представляет собой связный текст, выполненный по следующему примерному плану.*

**Примерный план описания участка местности**

- 1.** Номенклатура и название листа топографической карты, на котором отмечен участок для выполнения работы (полигон). Выходные данные (когда и кем составлена карта, год обновления листа). Масштаб карты (численный и именованный). Географические и прямоугольные координаты вершин описываемого участка (полигона). Наличие опорной геодезической сети, ее расположение по полигону. Площадь описываемого участка в км<sup>2</sup>.
- 2.** Рельеф, общая характеристика рельефа (равнинный, холмистый, горный, расчлененный, эрозионный и др.). Сечение рельефа. Максимальные и минимальные абсолютные высоты, их расположение. Вычислить амплитуду высот на полигоне. Указать наибольшую и наименьшую крутизну склонов по шкале заложений; описать, где эти участки находятся. Отметить наличие оврагов, промоин – их протяженность, глубину, ширину. Отметить наличие обрывов, скал, осыпей, развалов камней; наличие лощин, ложбин, балок; наличие насыпей, выемок, курганов, ям, их протяженность и размеры.
- 3.** Гидрографическая сеть. Перечислить крупные реки и ручьи, протекающие по полигону, направление их течения. Указать их гидрографические характеристики (длину, ширину, скорость течения, характер дна, урезы воды). Отметить левые и правые притоки, их расположение. Вычислить падение и уклоны рек. Отметить наличие пристаней, паромов, портов, бродов, переправ, плотин, шлюзов, наличие мостов (их характеристики). Перечислить и охарактеризовать озера, их конфигурацию, размеры, характер берегов и склонов, данные по урезу воды, глубину. Определить площадь озер в км<sup>2</sup>. Отметить наличие родников, колодцев, указать их характеристики и расположение. При описании болот указать их расположение, проходимость и площадь в гектарах.
- 4.** Растительный покров. Перечислить типы растительности и их приуроченность к основным формам рельефа (водоразделам, склонам какой-либо экспозиции, речным долинам). Для лесных участков указать породы деревьев, характеристики древостоя, наличие вырубок, горелого леса и др. Определить площадь лесных участков в гектарах. Указать типы растительности на заболоченных участках. Указать наличие и расположение кустарников, участков луговой растительности, отдельных деревьев и групп деревьев.

5. Населенные пункты. Указать типы поселений (город, ПГТ, ПСТ, сельские поселения), их расположение по отношению к дорогам, рекам, озерам, формам рельефа. Отметить административное значение, населенность (количество дворов или число жителей). Определить площадь населенных пунктов в км<sup>2</sup>. Указать наличие фабрик, заводов, школ, больниц, огородов, садов и прочих объектов промышленного, сельскохозяйственного или социально-культурного назначения. Указать их расположение.

6. Пути сообщения, общая обеспеченность участка путями сообщения. Указать для каждого типа дорог густоту, протяженность, какие населенные пункты соединяют или направление дорог. Указать характеристики дорог; наличие мостов и характеристик мостов. Указать наличие линий электропередач, линий связи; населенные пункты, через которые они проходят.

7. Прочие: границы, ограждения, трубопроводы, места добычи полезных ископаемых и прочее.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Саратовский национальный исследовательский  
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

Географический факультет

Кафедра геоморфологии и геоэкологии

**ИТОГОВАЯ САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

*Тема:* «ОПИСАНИЕ УЧАСТКА МЕСТНОСТИ  
ПО ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ»

Выполнил: студент(ка) 1 курса  
гр. \_\_\_\_\_ дневного отделения  
\_\_\_\_\_ факультета  
\_\_\_\_\_

Проверил:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Саратов, \_\_\_\_\_ г.

## Тема 7. УСТРОЙСТВО И ПОВЕРКИ ТЕОДОЛИТА. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКИ

**Теодолит** – угломерный прибор, предназначенный для измерения горизонтальных и вертикальных углов, а также расстояний и магнитных азимутов. Он используется для создания съемочного обоснования, производства теодолитной и тахеометрической съемок.

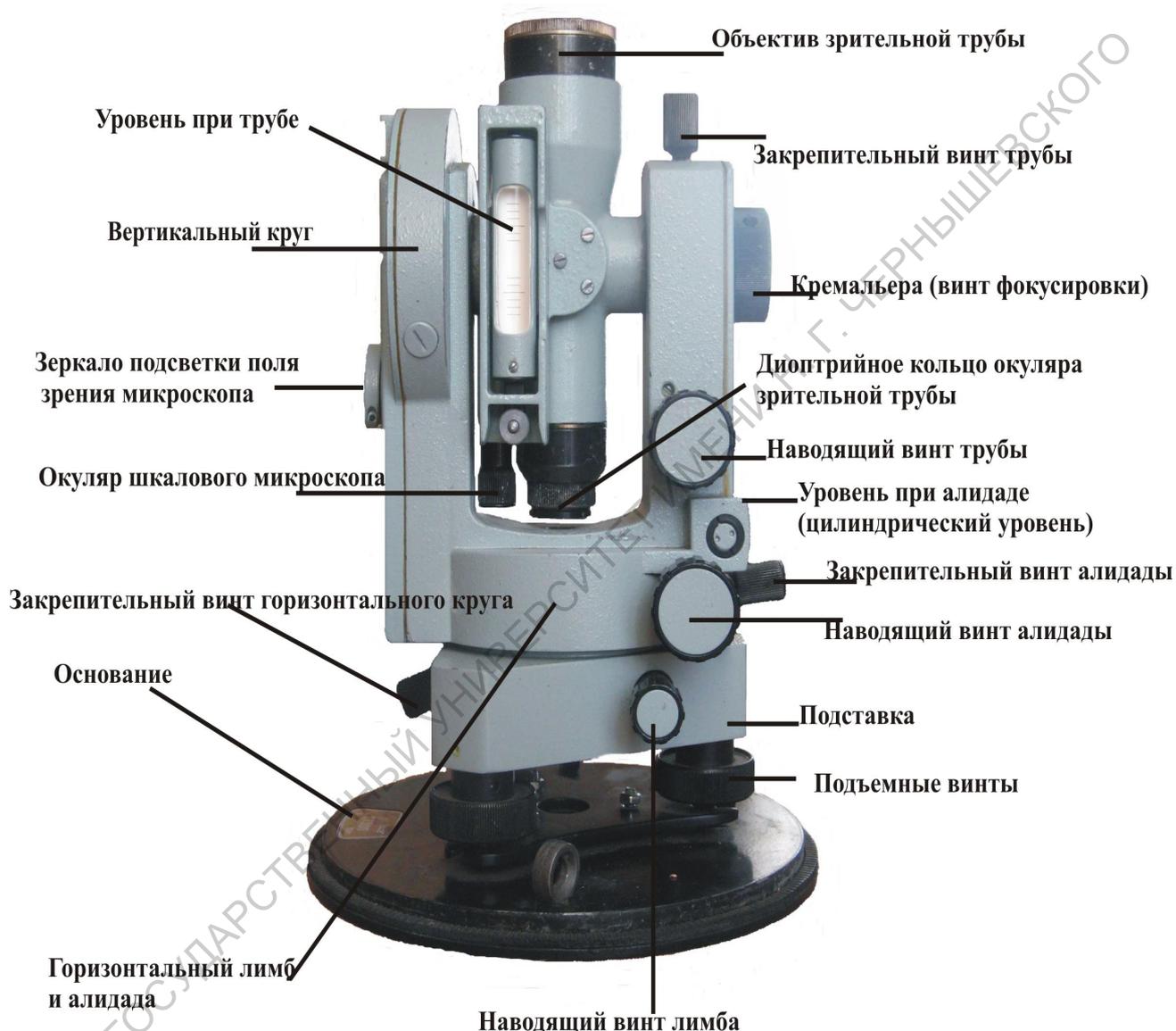


Рисунок 18. Основные части теодолита 2Т30П

**Теодолитная съемка** – наземная плановая (горизонтальная, контурная) съемка, выполняемая с целью нанесения объектов местности (ситуации) на план в заданной системе координат.

Теодолитная съемка опирается на плановую съемочную сеть, которая создается до производства съемочных работ и закрепляется временными знаками (кольями). Закрепленный на местности полигон служит основой съемки ситуации и к нему осуществляется «привязка» снимаемых объектов.

В камеральную обработку теодолитной съемки входит:

- обработка угломерного журнала и вычисление координат точек опорного полигона (точек съемочного обоснования);
- построение координатной сетки;
- накладка полигона с применением масштабной линейки и циркуля-измерителя;

- нанесение ситуации на план по данным абриса с применением транспортира, масштабной линейки и циркуля-измерителя;
- оформление плана теодолитной съемки.

**Задание 7.1** Определите основные оси теодолита (рис.19)

|  |  |
|--|--|
|  | <p style="text-align: center;">Основные оси теодолита:</p> <p>1) V-V<sub>1</sub> – _____</p> <p>2) H-H<sub>1</sub> – _____</p> <p>3) L-L<sub>1</sub> – _____</p> <p>4) K-K<sub>1</sub> – _____</p> |
|--|--|

Рисунок 19. Основные оси теодолита

**Задание 7.2** Познакомьтесь с устройством сетки нитей зрительной трубы теодолита

*Зрительная труба* – предназначена для визуального наблюдения удаленных предметов. В зависимости от марки теодолита изображение может быть «прямым» или «обратным». В окуляре трубы установлена сетка нитей (рис.20).

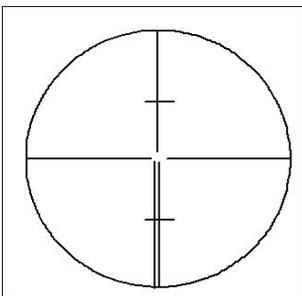


Рисунок 20. Сетка нитей

Получение четкого изображения сетки нитей осуществляется с помощью диоптрийного кольца окуляра.

Прямая, проходящая через центральное перекрестие сетки нитей и центр объектива, называется \_\_\_\_\_.

Штрихи, размещенные на вертикальной линии сетки нитей называют \_\_\_\_\_.

Они предназначены для измерения \_\_\_\_\_.

**Задание 7.3** Перечислите основные приемы работы

1) Круг «лево» (КЛ) -

---



---

2) Круг «\_\_\_\_\_» (\_\_\_\_) -

---



---

**Задание 7.4** Перечислите основные поверки теодолита

1. **Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита.**

Выполнение поверки:

2. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Выполнение поверки:

3. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Выполнение поверки:

Условие поверяется визированием на удаленную точку, находящуюся приблизительно на высоте теодолита. Делают отсчет по горизонтальному кругу при положении «круг лево» (КЛ), затем переводят трубу через зенит и наводят ее на ту же точку при «круге право» (КП). Если первый отсчет отличается от второго на  $180^\circ$ , то условие выполнено ( $КП - КЛ = 180^\circ$ ).

При невыполнении условия второй отсчет будет отличаться от первого на  $180^\circ$  плюс удвоенная коллимационная ошибка —  $2c$ .

**Пример.**

|   |   |
|---|---|
| $КЛ = 46^\circ 18'$<br>$КП = 226^\circ 22'$ | $КЛ_{испр} = (46^\circ 18' + 226^\circ 22' - 180^\circ) / 2 = 46^\circ 20'$<br>$2c = 226^\circ 22' - 180^\circ - 46^\circ 18' = 4'$<br>$c = 2'$ |
|---|---|

4. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Выполнение поверки:

**Задание 7.5** Работа с прибором включает в себя:

1. *центрирование* прибора - \_\_\_\_\_

2. *горизонтирование* прибора - приведение плоскости лимба в горизонтальное положение

3. *установка трубы* для наблюдений - \_\_\_\_\_

4. *ориентирование* прибора - \_\_\_\_\_

**Задание 7.6** Измерение и вычисление горизонтального угла

Зарисовать положение точек:

| № станции | № точек визирования | Отсчеты по горизонтальному кругу |      | Угол из полуприема |       | Среднее значение угла β |       |
|-----------|---------------------|----------------------------------|------|--------------------|-------|-------------------------|-------|
|           |                     | о                                | г    | о                  | г     | о                       | г     |
| I         | II КЛ               | 321                              | 25,5 | 89°                | 08,3' | 89°                     | 08,3' |
|           | III КЛ              | 232                              | 17,2 |                    |       |                         |       |
|           | II КП               | 141                              | 25,5 | 89°                | 08,3' |                         |       |
|           | III КП              | 52                               | 17,2 |                    |       |                         |       |
| III       | — КЛ                | 11                               | 35,0 |                    |       |                         |       |
|           | — КЛ                | 215                              | 12,3 |                    |       |                         |       |
|           | — КП                | 191                              | 35,1 |                    |       |                         |       |
|           | — КП                | 35                               | 12,3 |                    |       |                         |       |

**Задание 7.7** Измерение и вычисление вертикального угла.

Зарисовать положение точек:

Для измерения вертикальных углов необходимо найти место нуля (МО) вертикального круга. Для этого горизонтальную нить сетки наводят на определяемую точку при двух положениях вертикального круга (слева и справа относительно трубы), снимая отсчеты по шкале вертикального круга (КЛ и КП). При снятии отсчетов пузырек уровня при алидаде горизонтального круга должен быть в нуль-пункте (в середине).

Вычисляют место нуля (МО) вертикального круга по формуле:

$$МО = \frac{КЛ + КП}{2}$$

При измерении углов наклона сторон теодолитного хода перекрестие сетки нитей наводится на метку, соответствующую высоте прибора и сделанную на вехе («галстук»), устанавливаемой в конце линии.

Углы наклона (ν) вычисляют по формулам:

$$ν = КЛ - МО, \quad ν = МО - КП \quad \text{или} \quad ν = \frac{КЛ - КП}{2}$$

**Пример:**

$$МО = 0^{\circ}02'$$

$$КЛ = +5^{\circ}32'$$

$$ν = \underline{\hspace{10em}}$$

$$МО = 0^{\circ}02'$$

$$КЛ = -2^{\circ}57'$$

$$ν = \underline{\hspace{10em}}$$

**Задание 7.8** Измерение и вычисление горизонтального проложения.

Зарисовать положение точек:

**Измерение длин сторон.** Параллельно с измерением горизонтальных углов измеряются длины сторон теодолитных ходов.

Измерения производят рулеткой в прямом и обратном направлениях. Расхождение прямого и обратного значения длины линии не должно превышать 1-2 см.

| Линии полигона | S прям. | S обр. | S сред. | ν       | cos ν | d |
|----------------|---------|--------|---------|---------|-------|---|
| I – II         | 120,6   | 120,4  | 120,5   | -1° 28' |       |   |
| II – III       | 71,6    | 71,4   | 71,5    | +4° 47' |       |   |

## Задание 7.9 Обработка результатов теодолитной съемки

### Последовательность выполнения работы при проложении теодолитного хода

- Разбивка полигона.
- Установка и поверки теодолита.
- Измерение магнитного азимута начального направления.
- Измерение горизонтальных и вертикальных углов полигона.
- Измерение длин сторон полигона и вычисление горизонтальных проложений.
- Съемка контуров и объектов местности.
- Обработка ведомости вычисления прямоугольных координат.
- Графическое оформление результатов.

Обработку теодолитного хода удобнее производить с помощью специальной ведомости вычисления координат, в которую записывают значения измеренных углов  $\beta_{\text{изм}}$ , горизонтальных проложений линий  $d$ , дирекционный угол одной из сторон полигона  $\alpha$  и координаты исходной точки  $x$  и  $y$ .

**Этапы вычислительного процесса по определению координат:**

#### 1. Увязка (уравнивание) угловых измерений.

Значения углов из графы 2 суммируются  $\Sigma\beta_{\text{изм}}$ .

Вычисляется теоретическая сумма углов  $\Sigma\beta_{\text{теор}} = 180^\circ \cdot (n-2)$ ,

где  $n$  – количество углов.

Определяется практическая **угловая невязка**  $f\beta = \Sigma\beta - \Sigma\beta_{\text{теор}}$ .

Определяется **невязка допустимая**  $f\beta_{\text{доп}} = 1' \sqrt{n}$

Если ошибка не превышает допустимую, приступаем к увязке углов.

Увязка углов состоит в определении поправок в исходные данные и получение исправленных значений, сумма которых должна быть равно теоретической.

Считая, что каждый угол измерялся с одинаковой погрешностью, угловая невязка распределяется поровну на все углы с обратным знаком.

Если теодолитный ход короткий, допустимо поправки вводить с таким расчетом, чтобы исправленные углы были округлены до целых минут.

*Сумма поправок равна сумме невязок с обратным знаком.*

#### Пример:

$$\Sigma\beta_{\text{изм}} = 540^\circ 1,1'$$

$$\Sigma\beta_{\text{теор}} = 180^\circ \cdot (5-2) = 540^\circ$$

$$f\beta = 540^\circ 1,1' - 540^\circ = 1,1'$$

$$f\beta_{\text{доп}} = 1' \cdot \sqrt{5} = 2,23'$$

Так как **угловая невязка**  $f\beta$  не превышает допустимую, можно приступить к увязке углов.  $f\beta$  распределяется поровну на все углы с обратным знаком:  $1,1'/5 = 0,22'$ . Так как запись углов в примере производится с точностью до  $0,1'$ , округляем поправки до  $0,2'$  и  $0,3'$ , чтобы их сумма равнялась  $1,1'$ . Записываем поправки с обратным знаком в графу 3.

Затем поправки суммируются с соответствующими измеренными углами  $\beta_{\text{изм}}$ , учитывая знаки. Исправленные углы  $\beta_{\text{испр}}$  записываются в графу 4.

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КООРДИНАТ

Выполнил \_\_\_\_\_

ФИО, группа

| №№ точек | Углы измеренные $\beta_{изм}$ | Поправка | Углы исправленные $\beta_{испр}$ | Дирекционные углы $\alpha$ | Румбы $r$ | Длины сторон $d$ | Приращения вычисленные |          |                       |          | Приращения исправленные |              | Координаты точек |    | № точек |
|----------|-------------------------------|----------|----------------------------------|----------------------------|-----------|------------------|------------------------|----------|-----------------------|----------|-------------------------|--------------|------------------|----|---------|
|          |                               |          |                                  |                            |           |                  | $\Delta x = d \cos r$  | Поправка | $\Delta y = d \sin r$ | Поправка | $\Delta x$              | $\Delta y$   | x                | y  |         |
| 1        | 2                             | 3        | 4                                | 5                          | 6         | 7                | 8                      | 9        | 10                    | 11       | 12                      | 13           | 14               | 15 | 16      |
| 1        |                               |          |                                  |                            |           |                  |                        |          |                       |          |                         |              |                  |    | 1       |
| 2        |                               |          |                                  |                            |           |                  |                        |          |                       |          |                         |              |                  |    | 2       |
| 3        |                               |          |                                  |                            |           |                  |                        |          |                       |          |                         |              |                  |    | 3       |
|          |                               |          |                                  |                            |           |                  |                        |          |                       |          |                         |              |                  |    | 1       |
|          |                               |          |                                  |                            |           | P=               | $\Sigma + =$           |          | $\Sigma + =$          |          | $\Sigma + =$            | $\Sigma + =$ |                  |    |         |
|          |                               |          |                                  |                            |           |                  | $\Sigma - =$           |          | $\Sigma - =$          |          | $\Sigma - =$            | $\Sigma - =$ |                  |    |         |
|          |                               |          |                                  |                            |           |                  | $f\Delta x =$          |          | $f\Delta y =$         |          |                         |              |                  |    |         |

$\Sigma \beta_{изм} =$  \_\_\_\_\_

$\Sigma \beta_{теор} = 180(n-2) =$  \_\_\_\_\_      n – число углов

$f\beta = \Sigma \beta_{изм} - \Sigma \beta_{теор} =$  \_\_\_\_\_

$f\beta_{доп} = 1,5 \cdot t \sqrt{n} =$  \_\_\_\_\_      t – точность теодолита

$f_s = \sqrt{f\Delta x^2 + f\Delta y^2} =$  \_\_\_\_\_

$f_{доп} = \frac{f_s}{P} =$  \_\_\_\_\_

$f_{доп} \leq \frac{1}{1000}$

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Г.С. СЕРГЕЕВСКОГО

## 2. Вычисление дирекционных углов сторон полигона и переход от них к румбам.

Дирекционные углы всех сторон полигона вычисляют по исходному значению  $\alpha_{1-2}$  и исправленным значениям внутренних углов.

Для вывода формул используют правило:  $\alpha$  последующей стороны хода равен  $\alpha$  предыдущей стороны плюс  $180^\circ$  и минус  $\beta$  угол, лежащий справа по ходу:

$$\alpha_{\text{посл}} = \alpha_{\text{пред}} + 180^\circ - \beta$$

Контролируются вычисления условием: вычисленный  $\alpha_{1-2}$  должен быть равен исходному значению.

В целях упрощения дальнейших вычислений от дирекционных углов переходим к румбам на основании зависимости между ними. Запись румбов ведем в графе 6.

### Пример:

Дирекционные углы вычисляем по формулам:

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_2 = 112^\circ 00' + 180^\circ - 89^\circ 08' = 202^\circ 52'$$

$$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} + 180^\circ - \beta_3 = 202^\circ 52' + 180^\circ - 156^\circ 22,4' = 226^\circ 29,6'$$

$$\alpha_{4-5} = \alpha_{3-4} + 180^\circ - \beta_4 = 226^\circ 29,6' + 180^\circ - 72^\circ 09,4' = 334^\circ 20,2'$$

$$\alpha_{5-1} = \alpha_{4-5} + 180^\circ - \beta_5 = 334^\circ 20,2' + 180^\circ - 137^\circ 27,7' = 16^\circ 52,5'$$

Контролируем вычисление: вычисленный  $\alpha_{1-2}$  равен исходному значению.

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{5-1} + 180^\circ - \beta_1 = 16^\circ 52,5' + 180^\circ - 84^\circ 52,5' = 112^\circ 00'$$

Получившиеся значения записываем в графу 5.

Вычисляем по формулам значения румбов (см. тему 5) и записываем в графу 6.

|                                  |              |   |
|----------------------------------|--------------|---|
| $\alpha_{1-2} = 112^\circ 00'$   | I четверть   | $r_{1-2} = 180^\circ - \alpha_{1-2} = 180^\circ - 112^\circ 00' = 68^\circ 00'$     |
| $\alpha_{2-3} = 202^\circ 52'$   | III четверть | $r_{2-3} = \alpha_{2-3} - 180^\circ = 202^\circ 52' - 180^\circ = 22^\circ 52'$     |
| $\alpha_{3-4} = 226^\circ 29,6'$ | III четверть | $r_{3-4} = \alpha_{3-4} - 180^\circ = 226^\circ 29,6' - 180^\circ = 46^\circ 29,6'$ |
| $\alpha_{4-5} = 334^\circ 20,2'$ | IV четверть  | $r_{4-5} = 360^\circ - \alpha_{4-5} = 360^\circ - 334^\circ 20,2' = 25^\circ 39,8'$ |
| $\alpha_{5-1} = 16^\circ 52,5'$  | I четверть   | $r_{5-1} = \alpha_{5-1} = 16^\circ 52,5'$   |

## 3. Вычисление приращения координат.

Приращения координат находят по формулам прямой геодезической задачи с использованием микрокалькуляторов или четырехзначных математических таблиц тригонометрических функций:

$$\Delta x = d \cdot \cos r \quad \Delta y = d \cdot \sin r$$

Приращения координат имеют знаки. Знак приращения зависит от знака косинуса и синуса угла направления или от названия четверти прямоугольной системы координат.

| Угол направления,<br>град | Четверть | Знаки приращений координат |            |
|---------------------------|----------|----------------------------|------------|
|                           |          | $\Delta x$                 | $\Delta y$ |
| 0-90                      | I - СВ   | +                          | +          |
| 90-180                    | II - ЮВ  | -                          | +          |
| 180-270                   | III - ЮЗ | -                          | -          |
| 270-360                   | IV - СЗ  | +                          | -          |

Контролируется правильность вычислений - известно, что алгебраическая сумма приращений в замкнутом полигоне ( $\Sigma \Delta x$  и  $\Sigma \Delta y$ ) должна быть равно 0.

Практически эти суммы отличаются от 0, поэтому и возникают **линейные невязки**  $f_{\Delta x}$  и  $f_{\Delta y}$ .

Общая **абсолютная невязка**  $f_s$  вычисляется по формуле:

$$f_s = \sqrt{f_{\Delta x}^2 + f_{\Delta y}^2}$$

Допустимая невязка вычисляется по формуле:

$$f_{\text{доп}} = 1/(P \cdot f_s)$$

P – периметр полигона.

Допустимая невязка  $f_{\text{доп}}$  должна быть  $< 1/1000$ . Если это условие соблюдено, можно приступить к увязке вычисленных приращений.

### Пример:

Высчитываем приращения координат и записываем значения в графы 8 и 10:

$$\Delta x_{1-2} = d_1 \cdot \cos r = 1137,23 \cdot \cos 68^\circ 00' = 426,01$$

$$\begin{aligned}\Delta x_{2,3} &= d_2 \cdot \cos r = 1202,58 \cdot \cos 22^\circ 52' = 1107,58 \\ \Delta x_{3,4} &= d_3 \cdot \cos r = 714,72 \cdot \cos 46^\circ 29,6' = 492,01 \\ \Delta x_{4,5} &= d_4 \cdot \cos r = 966,95 \cdot \cos 25^\circ 39,8' = 871,61 \\ \Delta x_{5,1} &= d_5 \cdot \cos r = 1206,33 \cdot \cos 16^\circ 52,5' = 1154,46\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta y_{1,2} &= d_1 \cdot \sin r = 1137,23 \cdot \sin 68^\circ 00' = 1054,44 \\ \Delta y_{2,3} &= d_2 \cdot \sin r = 1202,58 \cdot \sin 22^\circ 52' = 467,32 \\ \Delta y_{3,4} &= d_3 \cdot \sin r = 714,72 \cdot \sin 46^\circ 29,6' = 518,46 \\ \Delta y_{4,5} &= d_4 \cdot \sin r = 966,95 \cdot \sin 25^\circ 39,8' = 418,88 \\ \Delta y_{5,1} &= d_5 \cdot \sin r = 1206,33 \cdot \sin 16^\circ 52,5' = 349,96\end{aligned}$$

По  $\Delta x$  сумма положительных приращений  $\Sigma +2026,07$ , отрицательных  $-\Sigma -2025,6$ .  
Их сумма дает **линейную невязку**  $f\Delta x = 0,47$   
По  $\Delta y$  сумма положительных приращений  $\Sigma +1404,4$ , отрицательных  $-\Sigma -1404,66$ .  
Их сумма дает **линейную невязку**  $f\Delta y = -0,26$ .

**Абсолютная невязка  $f_s$ :**

$$f_s = \sqrt{f\Delta x^2 + f\Delta y^2} = \sqrt{0,47^2 + (-0,26)^2} = \sqrt{0,288} = 0,1697$$

$$f_{\text{доп}} = 1/(P \cdot f_s) = 1/(5227,81 \cdot 0,1697) = 1/30806$$

В нашем примере допустимая невязка  $< 1/1000$ , поэтому, можно приступить к увязке вычисленных приращений.

#### **4. Увязка приращений координат.**

Поправки в вычисленные приращения координат определяют по формулам:

$$\Delta X = \frac{-f\Delta x}{P} \cdot d \qquad \Delta Y = \frac{-f\Delta y}{P} \cdot d$$

Из формул следует, что значение поправки пропорционально длине стороны полигона  $d$  (его горизонтальному проложению). Вычисленная поправка округляется до  $0,01$ .

Контролируется этот этап работы таким условием: *сумма поправок должна быть равна невязке с обратным знаком.*

Затем поправки  $X$  и  $Y$  суммируются с соответствующими приращения  $\Delta x$  и  $\Delta y$ , учитывая знаки приращений и поправок. Для контроля суммируем исправленные значения приращений  $\Delta x$  и  $\Delta y$ . Линейные невязки  $f\Delta x$  и  $f\Delta y$  должны равняться  $0$ .

#### **Пример:**

$$\Delta X_1 = \frac{-f\Delta x}{P} \cdot d_1 = \frac{-0,47}{5227,81} \cdot 1137,23 = -0,1$$

$$\Delta Y_1 = \frac{-f\Delta y}{P} \cdot d_1 = \frac{0,26}{5227,81} \cdot 1137,23 = +0,06$$

$$\Delta X_2 = \frac{-f\Delta x}{P} \cdot d_2 = \frac{-0,47}{5227,81} \cdot 1202,58 = -0,11$$

$$\Delta Y_2 = \frac{-f\Delta y}{P} \cdot d_2 = \frac{0,26}{5227,81} \cdot 1202,58 = +0,06$$

$$\Delta X_3 = \frac{-f\Delta x}{P} \cdot d_3 = \frac{-0,47}{5227,81} \cdot 714,72 = -0,06$$

$$\Delta Y_3 = \frac{-f\Delta y}{P} \cdot d_3 = \frac{0,26}{5227,81} \cdot 714,72 = +0,03$$

$$\Delta X_4 = \frac{-f\Delta x}{P} \cdot d_4 = \frac{-0,47}{5227,81} \cdot 966,95 = -0,09$$

$$\Delta Y_4 = \frac{-f\Delta y}{P} \cdot d_4 = \frac{0,26}{5227,81} \cdot 966,95 = +0,05$$

$$\Delta X_5 = \frac{-f\Delta x}{P} \cdot d_5 = \frac{-0,47}{5227,81} \cdot 1206,33 = -0,11$$

$$\Delta Y_5 = \frac{-f\Delta y}{P} \cdot d_5 = \frac{0,26}{5227,81} \cdot 1206,33 = +0,06$$

Вычисленные поправки вписываются в графы 9 и 11.

Поправки  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  суммируются с соответствующими приращения  $\Delta x$  и  $\Delta y$ , учитывая знаки приращений и поправок. Полученные значения записываются в графы 12 и 13. Суммируем исправленные значения приращений  $\Delta x$  и  $\Delta y$ . Линейные невязки  $f\Delta x$  и  $f\Delta y$  равняются  $0$  - контроль вычислений выполнен.

#### **5. Вычисление координат точек полигона.**

Координаты точек полигона вычисляются по правилу:

$$X_{\text{пол.}} = X_{\text{пред.}} + \Delta X_{\text{испр.}}$$

$$Y_{\text{пол.}} = Y_{\text{пред.}} + \Delta Y_{\text{испр.}}$$

Контролем служит вычисление координат первой точки.

Полученные и исходные значения  $X_1$  и  $Y_1$  должны быть равны.

### Пример.

Для нашего примера формулы имеют вид:

$$X_2 = X_1 + \Delta X_{1-2} = 6016000 + (-426,11) = 6015573,89$$

$$X_3 = X_2 + \Delta X_{2-3} = 6015573,89 + (-1107,69) = 6014466,2$$

$$X_4 = X_3 + \Delta X_{3-4} = 6014466,2 + (-492,07) = 6013974,13$$

$$X_5 = X_4 + \Delta X_{4-5} = 6013974,13 + 871,52 = 6014845,65$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y_{1-2} = 8458000 + 1054,5 = 8459054,5$$

$$Y_3 = Y_2 + \Delta Y_{2-3} = 8459054,5 + (-467,26) = 8458587,24$$

$$Y_4 = Y_3 + \Delta Y_{3-4} = 8458587,24 + (-518,43) = 8458068,81$$

$$Y_5 = Y_4 + \Delta Y_{4-5} = 8458068,81 + (-418,83) = 8457649,98$$

Контрольные вычисления координат первой точки и исходные данные совпадают:

$$X_1 = X_5 + \Delta X_{5-1} = 6014845,65 + 1154,35 = \underline{6016000}$$

$$Y_1 = Y_5 + \Delta Y_{5-1} = 8457649,98 + 350,02 = \underline{8458000}$$

Результаты записываем в графы 14 и 15.

Пример заполнения ведомости.

Работа № 7. Вычисление прямоугольных координат и накладка полигона по координатам

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КООРДИНАТ

Выполнил Иванов В.А. гр.121

| №<br>№<br>точ<br>ек | Углы<br>измеренные<br>$\beta_{изм}$ | По<br>прав<br>ка    | Углы<br>исправле<br>нные<br>$\beta_{испр}$ | Дирекцион<br>ные углы<br>$\alpha$ | Румбы<br>$r$    | Длины<br>сторон<br>$d$ | Приращения вычисленные                  |                     |                                     |                   | Приращения<br>исправленные               |  | Координаты точек |                | №<br>№<br>точ<br>ек |
|---------------------|-------------------------------------|---------------------|--|-----------------------------------|-----------------|------------------------|---|---------------------|-------------------------------------|-------------------|--|--|------------------|----------------|---------------------|
|                     |                                     |                     |  |                                   |                 |                        | $\Delta x = d \cdot \cos r$             | По<br>Прав<br>ка    | $\Delta y = d \cdot \sin r$         | По<br>правк<br>а  | $\Delta x$                               | $\Delta y$                               | X                | Y              |                     |
| 1                   | 2                                   | 3                   | 4  | 5                                 | 6               | 7                      | 8                                       | 9                   | 10                                  | 11                | 12                                       | 13                                       | 14               | 15             | 16                  |
| 1                   | 84°52,7'                            | -0,2'               | 84°52,5'                                   | 112°00'                           | ЮВ:<br>68°00'   | 1137,23                | -426,01                                 | -0,1                | +1054,44                            | +0,06             | -426,11                                  | +1054,5                                  | 6016000          | 8458000        | 1                   |
| 2                   | 89°08,3'                            | -0,3'               | 89°08'                                     |                                   |                 |                        |   |                     |                                     |                   |  |  | 6015573,8<br>9   | 8459054,5      | 2                   |
|                     |                                     |                     |  | 202°52'                           | ЮЗ:<br>22°52'   | 1202,58                | -1107,58                                | -0,11               | -467,32                             | +0,06             | -1107,69                                 | -467,26                                  |                  |                |                     |
| 3                   | 156°22,6'                           | -0,2'               | 156°22,4'                                  |                                   |                 |                        |   |                     |                                     |                   |  |  | 6014466,2        | 8458587,2<br>4 | 3                   |
|                     |                                     |                     |  | 226°29,6'                         | ЮЗ:<br>46°29,6' | 714,72                 | -492,01                                 | -0,06               | -518,46                             | +0,03             | -492,07                                  | -518,43                                  |                  |                |                     |
| 4                   | 72°09,6'                            | -0,2'               | 72°09,4'                                   |                                   |                 |                        |   |                     |                                     |                   |  |  | 6013974,1<br>3   | 8458068,8<br>1 | 4                   |
|                     |                                     |                     |  | 334°20,2'                         | СЗ:<br>25°39,8' | 966,95                 | +871,61                                 | -0,09               | -418,88                             | +0,05             | +871,52                                  | -418,83                                  |                  |                |                     |
| 5                   | 137°27,9'                           | -0,2'               | 137°27,7'                                  |                                   |                 |                        |   |                     |                                     |                   |  |  | 6014845,6<br>5   | 8457649,9<br>8 | 5                   |
|                     |                                     |                     |  | 16°52,5'                          | СВ:<br>16°52,5' | 1206,33                | +1154,46                                | -0,11               | +349,96                             | +0,06             | +1154,35                                 | +350,02                                  |                  |                |                     |
| 1                   |                                     |                     |  | 112°00'                           |                 | P=<br>5227,81          | $\Sigma+2026,0$<br>7<br>$\Sigma-2025,6$ | $\Sigma=-$<br>-0,47 | $\Sigma+1404,4$<br>$\Sigma-1404,66$ | $\Sigma=$<br>0,26 | $\Sigma+2025,8$<br>7<br>$\Sigma-2025,87$ | $\Sigma+1404,5$<br>2<br>$\Sigma-1404,52$ | 6016000          | 8458000        | 1                   |
|                     | $\Sigma\beta_{изм} =$<br>540°1,1'   | $\Sigma =$<br>-1,1' | $\Sigma\beta_{исп.} =$<br>540°             |                                   |                 |                        |   |                     |                                     |                   |  |  |                  |                |                     |
|                     |                                     |                     |  |                                   |                 |                        | $f\Delta x=0,47$                        |                     | $f\Delta y=-0,26$                   |                   | $f\Delta x=0$                            | $f\Delta y=0$                            |                  |                |                     |

$\Sigma\beta_{теор} = 180^\circ (n-2) = 180^\circ \cdot (5-2) = 540^\circ$  n- число углов

$f\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор} = 1,1'$

$f\beta_{доп} = 1' \cdot \sqrt{5} = 2,23'$

$f_s = \sqrt{f\Delta x^2 + f\Delta y^2} = 0,1697$

$f_{доп} = 1/(P \cdot f_s) = 1/(5227,81 : 0,1697) = 1/30806$

$f_{доп} < 1/1000$

**Задание 7.10** Графическое оформление результатов теодолитной съемки  
**Провести накладку полигона по координатам и по румбам.**

Предварительно необходимо построить координатную сетку со сторонами 2, 4, 5,8 или 10 см. Линии координатной сетки подписывают в соответствии с координатами и масштабом так, чтобы крайние линии сопровождалась цифрами, близкими по своим значениям к координатам крайних точек полигона.

В нашем примере самая малая координата X (точка 4) будет иметь значение 6013974,13. Следовательно, на нижней линии координатной сетки в масштабе 1:2 000 должна быть поставлена цифра 6013, а на первой вертикальной линии – 8457, так как самое малое значение Y (точка 5) равно 8457649,98. Таким образом, целесообразно в данном масштабе разбить километровую координатную сетку линиями через 5 см.

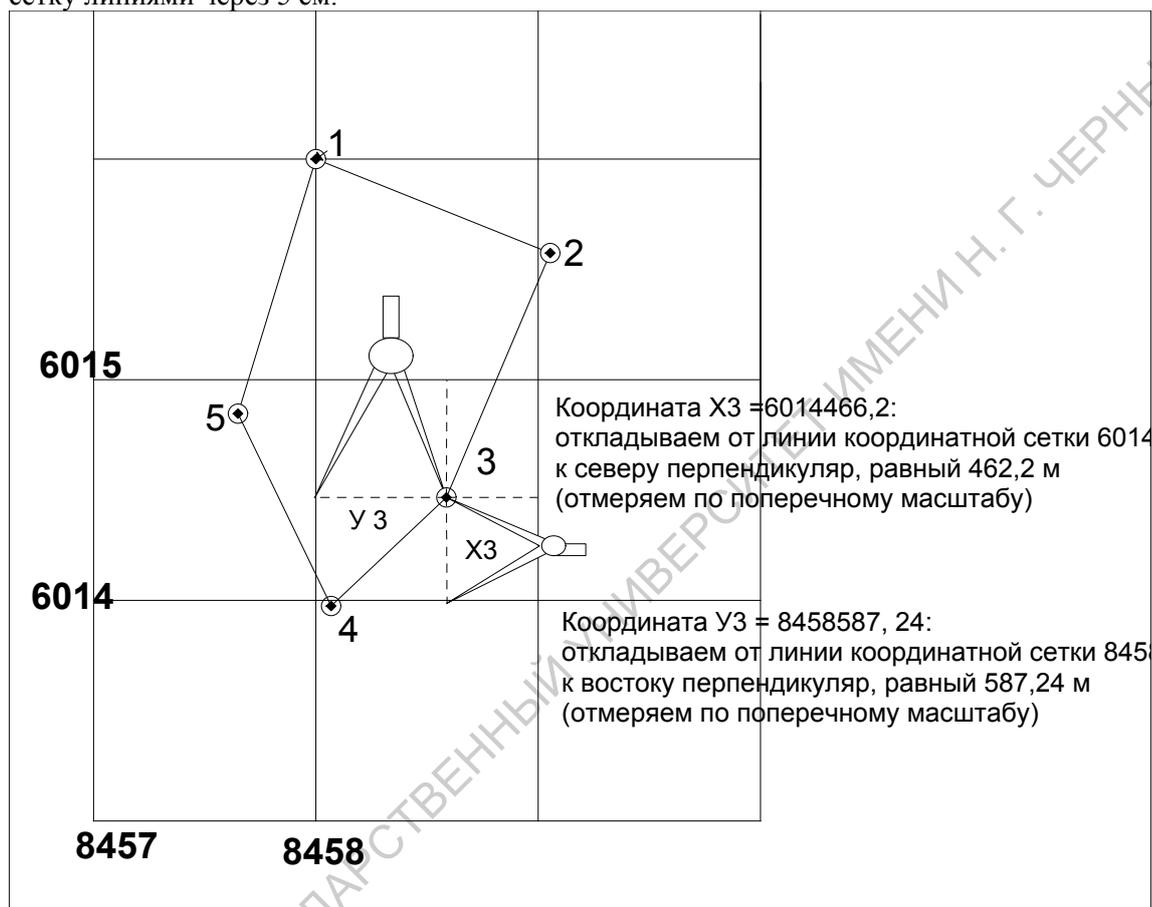


Рисунок 21. Нанесение точек полигона координатную сетку.

При нанесении точек по координатам берут разность между значением координаты и ближайшей меньшей координатной линии, узнают расстояние точки от линии в метрах, которое при помощи циркуля-измерителя и линейки поперечного масштаба откладывают по перпендикуляру к координатной сетке.

Например, точка 3 имеет координату  $X = 6014466,2$ . Ближайшая меньшая координатная линия по X – 6014000. Разность составляет 466,2м. Это число откладываем по поперечному масштабу перпендикулярно к линии 6014. Также от ближайшей координатной линии 8458 откладываем координату y.

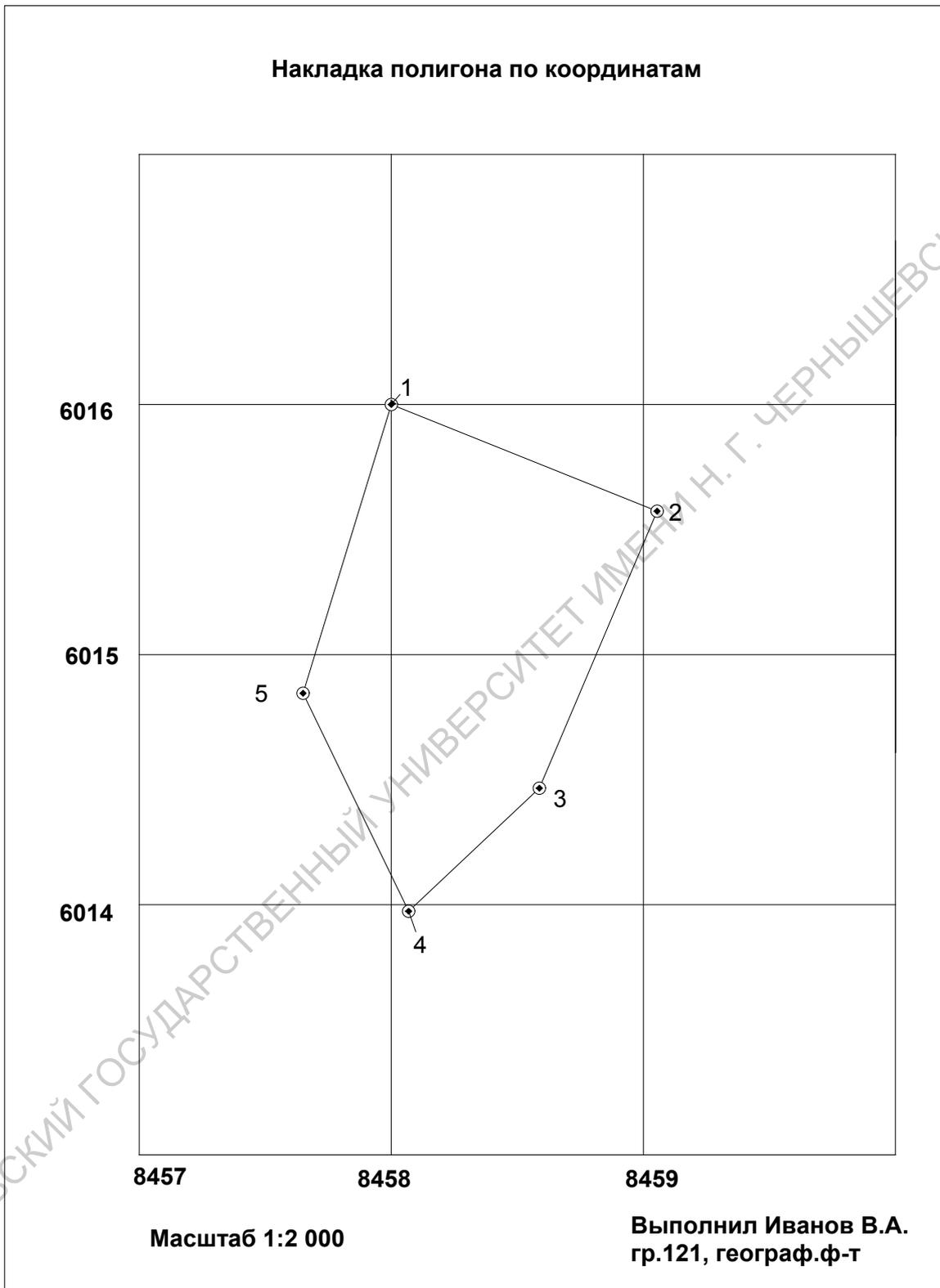


Рисунок 22. Пример оформления работы «Накладка полигона по координатам»

**Накладка полигона по координатам**

Масштаб  
1: \_\_\_\_\_

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО

## Накладка полигона по румбам

Графические работы выполняются с применением транспортира, измерителя, масштабной линейки, треугольника, деревянной линейки, карандашей.

Накладка полигона по румбам начинается с того, что через середину листа бумаги, предназначенного для составления плана, проводят вертикальную линию, которую принимают за направление меридиана. После этого легким уколom иголки измерителя обозначают первую точку полигона, положение которой выбирается произвольно, но с таким расчетом, чтобы полигон разместился симметрично краев листа. Место укола обводят карандашом и рядом ставят номер точки. Затем строят линию 1 – 2 по ее румбу. Для этого транспортир укладывают так, чтобы его центр и градусный отсчет румба на дуге совпали с меридианом. По шкале транспортира откладывают румб линии 1-2, по направлению которого откладывают длину первой стороны и отмечают точку 2. Аналогично строят остальные стороны полигона. В результате построения не всегда окончание последнего отрезка совпадает с точкой 1. Чаще получают точку 1'. Длину отрезка 1 - 1' называют *абсолютной линейной невязкой* и определяют в метрах в соответствии с масштабом плана.

**Линейная невязка допустима, если ее отношение к периметру (P) полигона, являющееся относительной невязкой, будет меньше 1/200.**

### Пример.

$$f_{abc} = 4,5 \text{ м, периметр } P = 380,5 \text{ м. Тогда } f_{отн} = \frac{f_{abc}}{P} = \frac{4,5}{380,5} = \frac{1}{85}.$$

В этом случае полученная невязка недопустима. Это значит, что в измерениях линий и азимутов на местности или в построении их на бумаге допущена грубая ошибка.

Если линейная невязка допустима, то построенный полигон увязывают. Увязка хода заключается в распределении линейной невязки путем смещения вершин полигона по линиям, параллельным невязке. Последовательно соединяя прямыми линиями вновь полученные точки, включая точку 1, получают замкнутый увязанный полигон, который показан сплошными линиями.

Рядом с каждой из линий полигона в виде дроби подписываются румб направления в числителе и величина горизонтального проложения в знаменателе так, как показано для направления I – II.

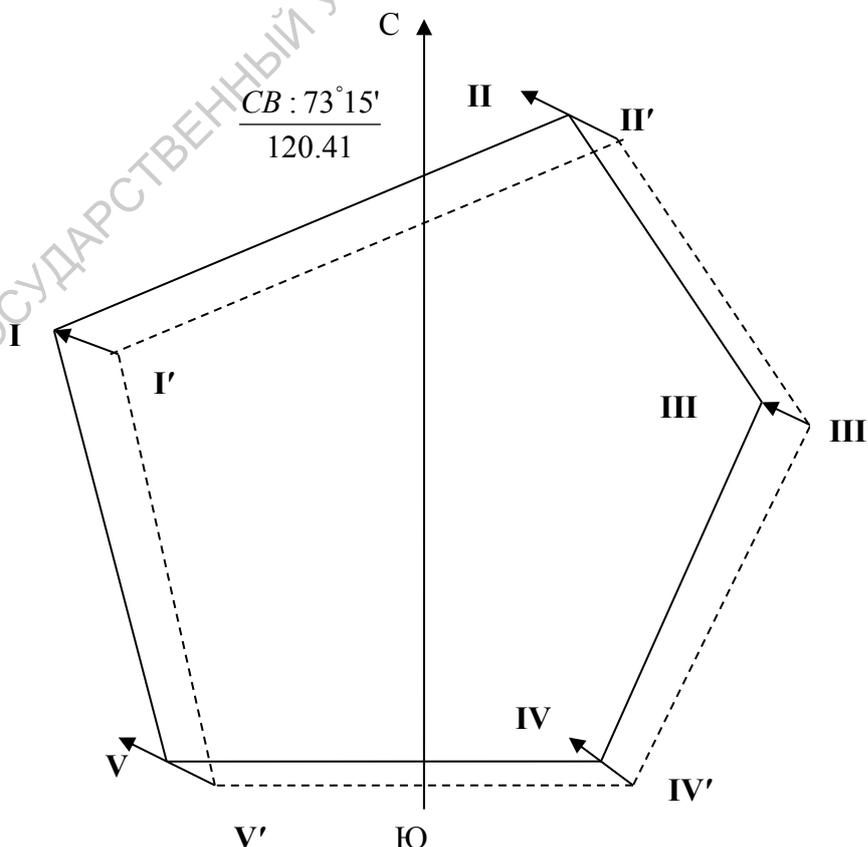


Рисунок 23. Пример оформления работы «Накладка полигона по румбам»

**Накладка полигона по румбам**

С

Ю

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО

Масштаб  
1: \_\_\_\_\_

## Тема 8. ВЫЧИСЛЕНИЕ ПРЕВЫШЕНИЙ ПРИ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОМ И ГЕОМЕТРИЧЕСКОМ НИВЕЛИРОВАНИИ.

### 8.1 Тригонометрическое нивелирование

**Тригонометрическое нивелирование (тахеометрическая съемка)** — наземная топографическая съемка, при которой производят *определение превышений, вычисление отметок высот, составление плана местности в горизонталях.*

В процессе данной съемки одновременно выполняются съемки контуров местности (ситуации) и рельефа с целью получения крупномасштабного плана.

**Станция** — место установки геодезического прибора с целью проведения съемки; точки съемочного обоснования.

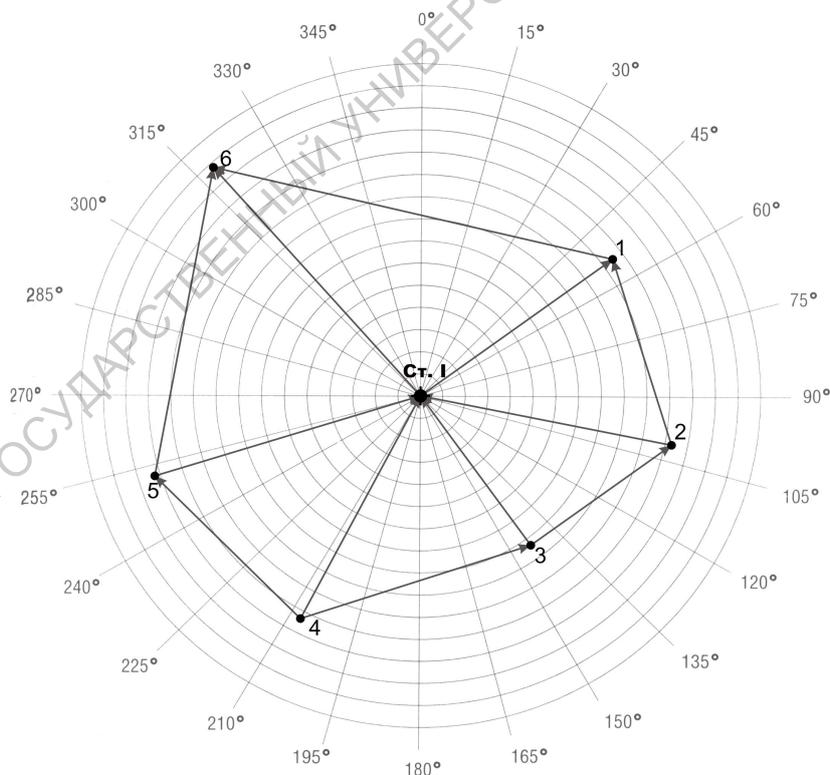
**Пикет** - снимаемые объекты; расположение речных точек.

**Абрис** – схематический чертеж участка местности с результатами измерений и пояснительными надписями.

Абрис удобно вести на листах с сеткой концентрических окружностей через 1 см и радиусов, образующих углы в 10°-15° (рис. 24) . На подготовленную сетку концентрических окружностей в центре листа наносят положение станции съемки и всех съемочных пикетов в системе полярных координат, указывая затем их номера и намечая условными знаками ситуацию.

Абрис тахеометрической съемки

Станция I



1 : 1 000

Рисунок 24. Пример абриса тахеометрической съемки

### Последовательность выполнения работы

- Определить место нуля вертикального круга теодолита.
- Установить теодолит последовательно над каждой точкой теодолитного полигона.
- Провести ориентирование инструмента на каждой станции.
- Определить высоту инструмента на каждой станции и повесить «галстук» (тесемку или ленту яркого цвета) на рейку.
- Провести измерение горизонтальных и вертикальных углов, а также расстояний до каждого пикета.
- Составить абрис на каждую станцию.
- Провести камеральную обработку по определению превышений и отметок высот для каждого объекта.
- Выполнить графическое оформление результатов съемки (построение плана тахеометрической съемки).

**Примечание:** выполнение наблюдений на пикеты производят при одном положении вертикального круга (при КЛ). При этом лимб должен оставаться неподвижным, изначально ориентированным либо на север, либо на выбранную точку съемочного обоснования. Алидаду открепляют. Реечник последовательно устанавливает рейку на все намеченные пикеты. Наблюдатель снимает отсчеты в определенной последовательности (табл. 8.1):

- по нитяному дальномеру с точностью до 0,01 м (расстояние),
- по вертикальному кругу при КЛ с точностью до 1' (отсчет при КЛ),
- по горизонтальному кругу с точностью до 0,5' (азимут).

При визировании на рейку вертикальную нить сетки нитей совмещают с осью рейки. Горизонтальную среднюю нить наводят на метку, соответствующую высоте прибора. Если нет возможности навести на метку, то наводят среднюю нить на произвольный отсчет  $l$  (часто наводят на верх трехметровой рейки, тогда  $l = 3,0$  м), который записывают в графу 7. Результаты наблюдений записывают в тахеометрический журнал в графы 2, 3, 4 (табл.8.2). Номера пикетов в журнале и абрисе должны совпадать.

Таблица 8.1 – Пример части тахеометрического журнала

| Номер пикета | Расстояние, $d$ , м | Отсчеты по теодолиту          |                        | Примечание           |
|--------------|---------------------|-------------------------------|------------------------|----------------------|
|              |                     | горизонтальный круг ( $A_m$ ) | вертикальный круг (КЛ) |                      |
| 1            | 52,2                | 54°50'                        | - 1° 10'               | пересечение тропинок |
| 2            | 56,6                | 101°30'                       | + 0° 22'               | отдельный куст       |
| 3            | 42,5                | 143°45'                       | +3° 25'                | хвойное дерево       |
| 4            | 56,8                | 208°03'                       | +2° 53'                | лиственное дерево    |
| 5            | 61,0                | 253°50'                       | +1° 21'                | подошва склона       |
| 6            | 68,4                | 318°00'                       | - 0° 52'               | лиственное дерево    |

**Задание 8.1.** Вычислить место нуля горизонтального круга

$$КЛ = 0^{\circ}02', \quad КП = 0^{\circ}04', \quad МО = \underline{\hspace{10em}}$$

**Задание 8.2.** Вычислить вертикальные углы ( $v$ ) и горизонтальные проложения ( $d$ ).

$$v = КЛ - МО = (КЛ - КП)/2 ; \quad d = S \cdot \cos v,$$

| Номер пикета | Расстояние, S, м | Отсчеты по теодолиту                  |                        | v | d | Примечание           |
|--------------|------------------|---------------------------------------|------------------------|---|---|----------------------|
|              |                  | горизонтальный круг (A <sub>м</sub> ) | вертикальный круг (КЛ) |   |   |                      |
| 1            | 52,2             | 54°50'                                | - 1° 10'               |   |   | пересечение тропинок |
| 2            | 56,6             | 101°30'                               | + 0° 22'               |   |   | отдельный куст       |
| 3            | 42,5             | 143°45'                               | +3° 25'                |   |   | хвойное дерево       |
| 4            | 56,8             | 208°03'                               | +2° 53'                |   |   | лиственное дерево    |
| 5            | 61,0             | 253°50'                               | +1° 21'                |   |   | подошва склона       |
| 6            | 68,4             | 318°00'                               | - 0° 52'               |   |   | лиственное дерево    |

**Задание 8.3.** Вычислить превышения ( $\pm h_{\text{пик}}$ ) и абсолютные отметки ( $H_{\text{пик}}$ ) пикетов.

$$\pm h_{\text{пик}} = d \cdot \text{tg } v, \quad H_{\text{пик}} = H_{\text{ст}} + (\pm h),$$

где  $H_{\text{ст}}$  – отметка данной станции в метрах;

$h$  – превышение между пикетом и данной станцией в метрах.

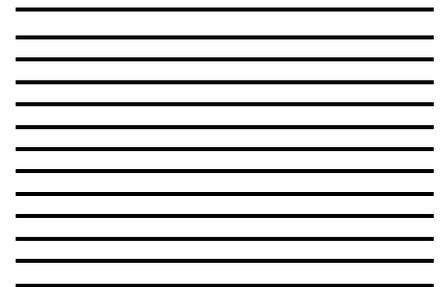
Высота станции ( $H_{\text{ст}}$ ) равна \_\_\_\_\_ м. Отметки вычисляют с точностью до 0,01 м.

| Номер пикета | Расстояние S, м | Отсчеты по теодолиту                  |                        | v | d | h <sub>пик</sub> | H <sub>пик</sub> | Примечание           |
|--------------|-----------------|---------------------------------------|------------------------|---|---|------------------|------------------|----------------------|
|              |                 | горизонтальный круг (A <sub>м</sub> ) | вертикальный круг (КЛ) |   |   |                  |                  |                      |
| 1            | 52,2            | 54°50'                                | - 1° 10'               |   |   |                  |                  | пересечение тропинок |
| 2            | 56,6            | 101°30'                               | + 0° 22'               |   |   |                  |                  | отдельный куст       |
| 3            | 42,5            | 143°45'                               | +3° 25'                |   |   |                  |                  | хвойное дерево       |
| 4            | 56,8            | 208°03'                               | +2° 53'                |   |   |                  |                  | лиственное дерево    |
| 5            | 61,0            | 253°50'                               | +1° 21'                |   |   |                  |                  | подошва склона       |
| 6            | 68,4            | 318°00'                               | - 0° 52'               |   |   |                  |                  | лиственное дерево    |

Пример заполнения журнала тахеометрической съемки представлен в таблице 8.2.

**Задание 8.4.** Вычертить план тахеометрической съемки станции 1. Масштаб 1:2000 или 1:1000.

С



Ю

1: \_\_\_\_\_

горизонтالي проведены через 1 метр

Рис.25. План тахеометрической съемки

Таблица 8.2

## Журнал тахеометрической съемки

Дата \_\_\_\_\_

Наблюдал \_\_\_\_\_

Вычислял \_\_\_\_\_

| № точки наблюдения                           | Расстояние по дальномеру, м | Отсчеты                  |                        | Угол наклона | Горизонт. проложение d, м | Высота визирования l, м | Превышение, м                |                  | Отметка Н, м | Примечания           |
|--|-----------------------------|--------------------------|------------------------|--------------|---------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------|--------------|----------------------|
|  |                             | по горизонтальному кругу | по вертикальному кругу |              |                           |                         | $h' = d \cdot \text{tg} \nu$ | $h = h' + i - l$ |              |                      |
| Станция I. Лимб ориентирован нулем на север, |                             |                          |                        |              | I = 1,48 м                | МО = 0°01'              | Отметка станции 105,57 м     |                  |              |                      |
|  |                             | Измерения на             | смежные                | станции:     |                           |                         |                              |                  |              |                      |
| V  |                             | 0°00' КЛ:                | - 0° 24'               | - 0° 24,5'   | 120,4                     | 1,48                    | - 0,86                       | - 0,86           |              |                      |
| V  |                             | КП:                      | 0° 25'                 |              |                           | 1,48                    |                              |                  |              |                      |
| II   |                             | КЛ:                      | 0° 06'                 | 0° 06'       | 113,7                     | 1,48                    | 0,20                         | 0,20             |              |                      |
| II   |                             | КП:                      | 0° 05,5'               |              |                           | 1,48                    |                              |                  |              |                      |
| Измерения на пикеты при КЛ:                  |                             |                          |                        |              |                           |                         |                              |                  |              |                      |
| 1  | 52,2                        | 54°50'                   | - 1° 10'               | 52,2         | 52,19                     | 1,48                    | - 1,06                       | - 1,06           | 104,51       | пересечение тропинок |
| 2  | 56,6                        | 101°30'                  | + 0° 22'               | 56,6         | 56,6                      | 1,48                    | +0,36                        | +0,36            | 105,93       | отдельный куст       |
| 3  | 42,5                        | 143°45'                  | +3° 25'                | 42,5         | 42,42                     | 3,0                     | +2,54                        | +1,03            | 106,60       | хвойное дерево       |
| 4  | 56,8                        | 208°03'                  | +2° 53'                | 56,8         | 56,73                     | 1,48                    | +2,86                        | +2,86            | 108,43       | лиственное дерево    |
| 5  | 61,0                        | 253°50'                  | +1° 21'                | 61,0         | 60,98                     | 1,48                    | +1,44                        | +1,44            | 107,01       | подошва склона       |
| 6  | 68,4                        | 318°00'                  | - 0° 52'               | 68,4         | 68,39                     | 1,48                    | - 1,03                       | - 1,03           | 104,54       | лиственное дерево    |

## 8.2 Геометрическое нивелирование

Геодезические работы, выполняемые с целью определения высот точек земной поверхности, называются **нивелированием**. В результате нивелирования получают разности высот или превышения между точками. По отметке начальной точки и превышениям между начальной и последующими точками получают отметки всех нивелируемых точек.

**Геометрическое нивелирование** является методом нивелирования горизонтальным визирным лучом оптического или лазерного нивелира.

Геометрическое нивелирование применяется в следующих случаях:

- 1) для определения абсолютных или относительных (условных) отметок точек;
- 2) в целях получения данных для составления профиля местности по заданному направлению.

### Последовательность выполнения работы

- Изучение устройства нивелира. Поверки нивелира.
- Разбивка пикетажа. Составление пикетажного журнала.
- Выполнение нивелирования трасс.
- Обработка результатов нивелирования.
- Построение профиля нивелирного хода.

**Задание 8.5.** Изучить устройство нивелира и пример взятия отсчетов по рейке (рис.26 и 27).

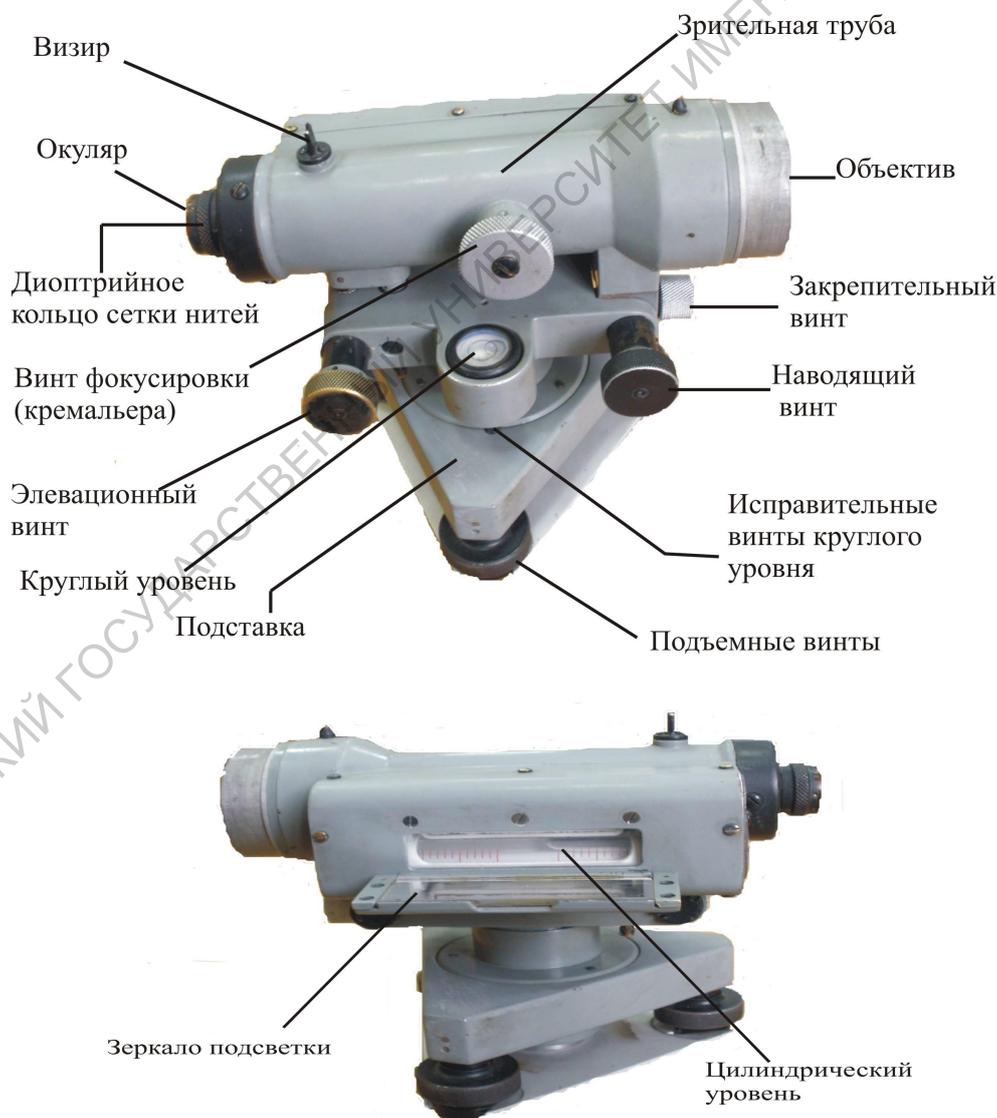


Рис. 26. Устройство нивелира НЗ

Нивелир представляет собой сочетание зрительной трубы и цилиндрического уровня, обеспечивающее при работе горизонтальное положение *визирного луча*. По визирному лучу (средней линии сетки нитей) делают отсчеты по нивелирным рейкам, поставленным отвесно в тех точках местности, отметки которых требуется определить. На рисунке 27 отсчет по средней нити равен 1842 мм.

*Положение половинок цилиндрического уровня в момент взятия отсчетов по рейке*

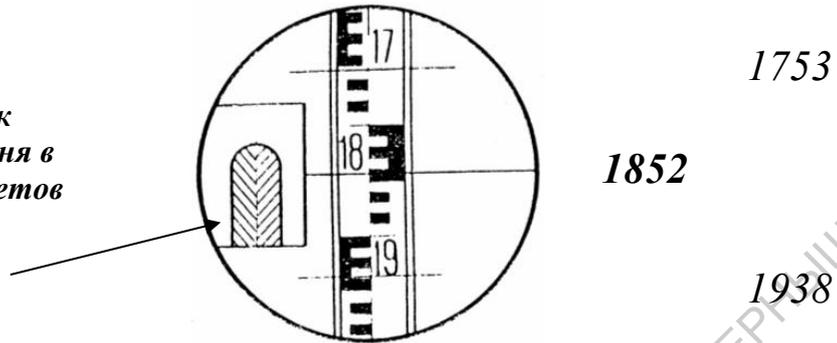


Рис. 27. Поле зрения трубы нивелира при снятии отсчетов

**Задание 8.6.** Впишите названия основных осей нивелира согласно рисунку 28.

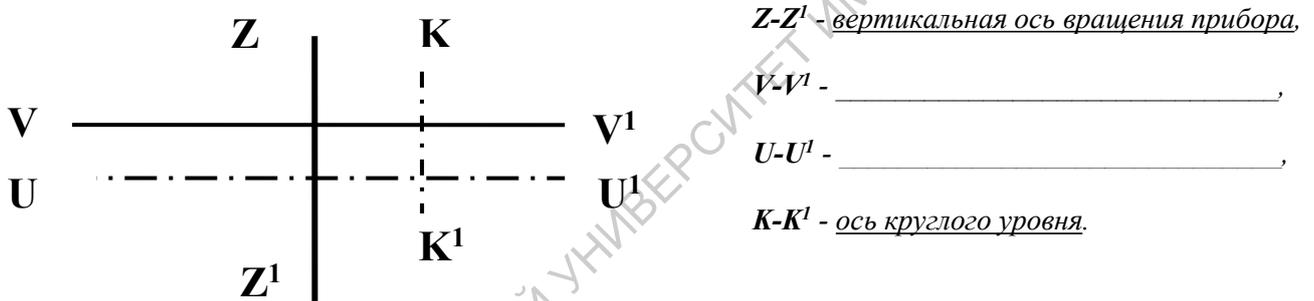


Рис. 28. Схема расположения основных осей нивелира

**Задание 8.7.** Перечислите основные проверки нивелира.

1. *Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита.*

*Выполнение проверки:*

2. \_\_\_\_\_

*Выполнение проверки:*

3. \_\_\_\_\_

*Выполнение проверки:*

**Задание 8.8.** Впишите способы проведения геометрического нивелирования.

Способы проведения геометрического нивелирования:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_

Чаще всего используют способ \_\_\_\_\_, изображенный на рис. 29.

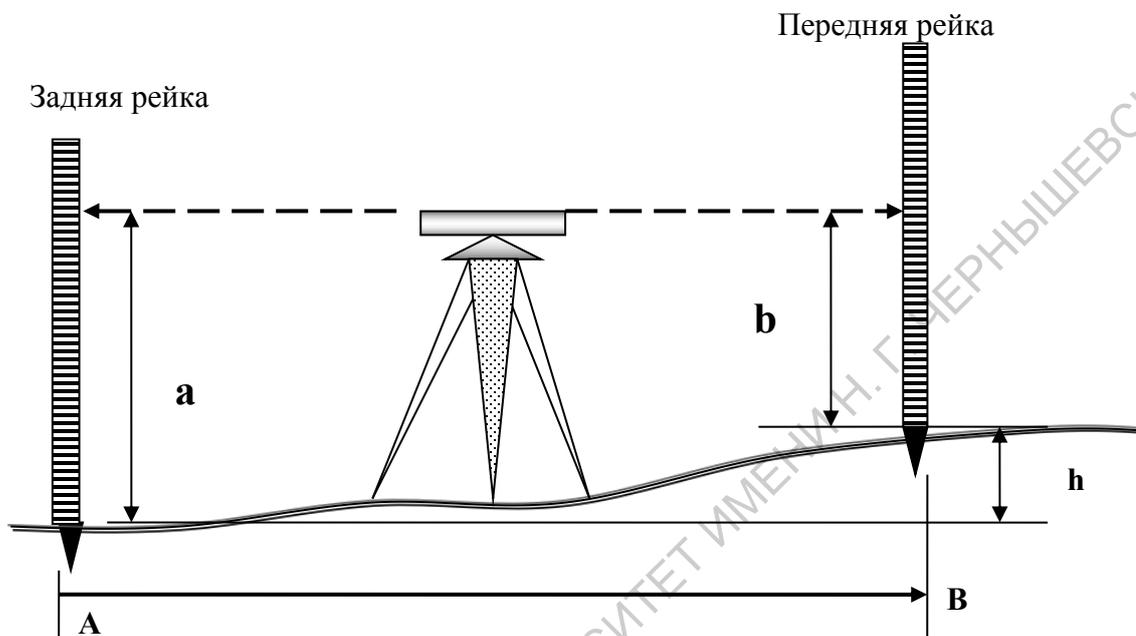


Рис. 29. Схема проведения нивелирования "из середины".

**Задание 8.9.** Впишите название этапа проведения геометрического нивелирования, описание которого приводится ниже:

«Вдоль трассы теодолитного хода с одновременным обозначением ее точек и с производством съемки ситуации в полосе земли по обе стороны оси трассы, через определенные длины горизонтальных проложений (обычно через 30-50 м) трассу обозначают точками, называемыми пикетами. Пикеты закрепляют деревянными кольями, вбиваемыми вровень с землей. Рядом с пикетом вбивают другой кол - «сторожок», выступающий над поверхностью земли, на затесе которого, обращенном в сторону пикета, записывают его номер. Начало трассы обозначают пикетом № 0 (ПК 0). Далее номера пикетов обозначаются соответственно ПК 1, ПК 2, ПК 3 и т.д. В промежутках между пикетами изменения уклонов трассы (перегибы скатов) отмечают плюсовыми точками - кольями со сторожками (ПК 0+ 17, т.е. плюсовая точка находится в 17 м от ПК 0). В процессе работы проводят измерение углов поворота трассы. Для этого необходимо измерить теодолитом или с помощью круглой буссоли прямые и обратные азимуты или румбы линий трассы. Углами поворота трассы принято считать углы отклонения трассы от предыдущего направления. Они определяются последовательно разностью магнитных азимутов двух смежных направлений».

Данный этап называют \_\_\_\_\_.

Журнал, в котором ведется запись по данному этапу, называют \_\_\_\_\_.

**Последовательность проведения нивелирования «из середины»**

- Выполнить поверки нивелира.
- Установить нивелир между пикетом 0 и пикетом 1 (станция 1) примерно на одинаковом расстоянии (рис. 8.6). Привести нивелир в горизонтальное положение.
- Установить нивелирные рейки на пикет 0 и пикет 1. При этом рейка на пикете 0 будет являться задней, на пикете 1 – передней.

- Навести среднюю нить сетки на рейки и произвести отсчеты сначала по задней рейке (З), потом по передней рейке (П). **Отсчет определяют в миллиметрах по средней нити сетки при полном совмещении двух половинок цилиндрического уровня элевационным винтом.**

Реечникам рекомендуется медленно покачивать нивелирные рейки «вперед-назад» для контроля ее отвесного положения. Отсчеты записать в журнал (табл. 8.3).

- Не переходя на другую станцию выполнить следующие вычисления:

**Задание 8.10.** Вычислить превышение ( $\pm h$ ) по станции:

$$\pm h = a - b \quad (h = З - П),$$

где **a** – отсчет по задней рейке в точке А;

**b** – отсчет по передней рейке в точке В.

Пример вычисления:

$$a = 1756 \text{ мм}, b = 2347 \text{ мм}, \pm h = \underline{\hspace{2cm}}$$

- Перенести инструмент на станцию 2 и провести аналогичные действия (рис. 30).

*Примечание:* При продольном нивелировании трассы определяют отметки точек, находящихся на оси трассы, - пикетов и плюсовых точек (рис.31).

Если трасса опирается на один репер и не замыкается прямым ходом, то ее нивелируют двойным ходом — в прямом и обратном направлениях (*замкнутый ход*). Если ход опирается на два репера с известными отметками в начале и в конце нивелирования, то этот ход называется *разомкнутым*. При нивелировании трассы *пикеты* должны быть *связующими точками*, а *плюсовые точки*, как правило, *промежуточными*.

Плюсовые точки не участвуют в передаче отметок высот. Однако отметки их необходимы для построения профиля. Такие точки нивелируют на станции после связующих точек в следующем порядке:

1. Провести нивелирование связующих точек на станции.
2. Перейти реечнику, стоящему на задней точке, последовательно на каждую из промежуточных на данной станции. При этом рейка устанавливается на землю.
3. Взять отсчеты по средней нити сетки для каждой промежуточной точки.
4. Отсчет внести в «Журнал нивелирования» (табл. 8.3) в графу 5.

- Однако если невозможно нивелирование между пикетами с одной станции (рис.31) (большой уклон, перегиб ската и т. д.), то вместо одной делают две или несколько станций между соседними пикетами. Такие точки называют *иксовыми точками* (X1, X2 и т.д.) (рис. 32). Следует помнить о том, что общая точка двух смежных станций нивелирного хода, являющаяся передней для предшествующей станции, одновременно является и задней для последующей.

Иксовые точки назначают между пикетами при нивелировании на крутом и длинном плоском скате, если при установке нивелира в середине визирный луч нивелира «бьет в землю» или идет выше рейки (рис. 8.7). В этих случаях вместо одной станции делают две или несколько станций. Расстояния до них не измеряют и нивелирные рейки устанавливают на поверхности башмаков вдоль штифта. Превышение пикета 2 над пикетом 3 (рис. 32) вычисляют как сумму превышений, полученных на станциях с иксовыми точками ( $h_{2-3}$  и  $h_{3-4}$ ). Иксовые точки служат для передачи отметки с одного пикета на другой. Они не отмечаются на профиле нивелирования. *Нельзя на иксовой точке завершать работу на перерыв, т.к. она не имеет постоянного закрепления на местности.*

**Задание 8.11.** Провести обработку данных по вычислению превышений ( $\pm h$ ) и абсолютных высот, полученных в результате геометрического нивелирования (табл. 8.3)

1. Вычислить превышения на каждой станции:

$$\pm h = a - b;$$

2. Провести *постраничный контроль* по мере заполнения целых страниц в журнале нивелирования  
Контроль состоит из следующих действий:

- Выполнить подсчет **сумм отсчетов**, сделанных при помощи средней нити по задней и передней рейкам: сумма отсчетов по задней рейке ( $\Sigma Z$ ) и сумма отсчетов по передней рейке ( $\Sigma П$ );

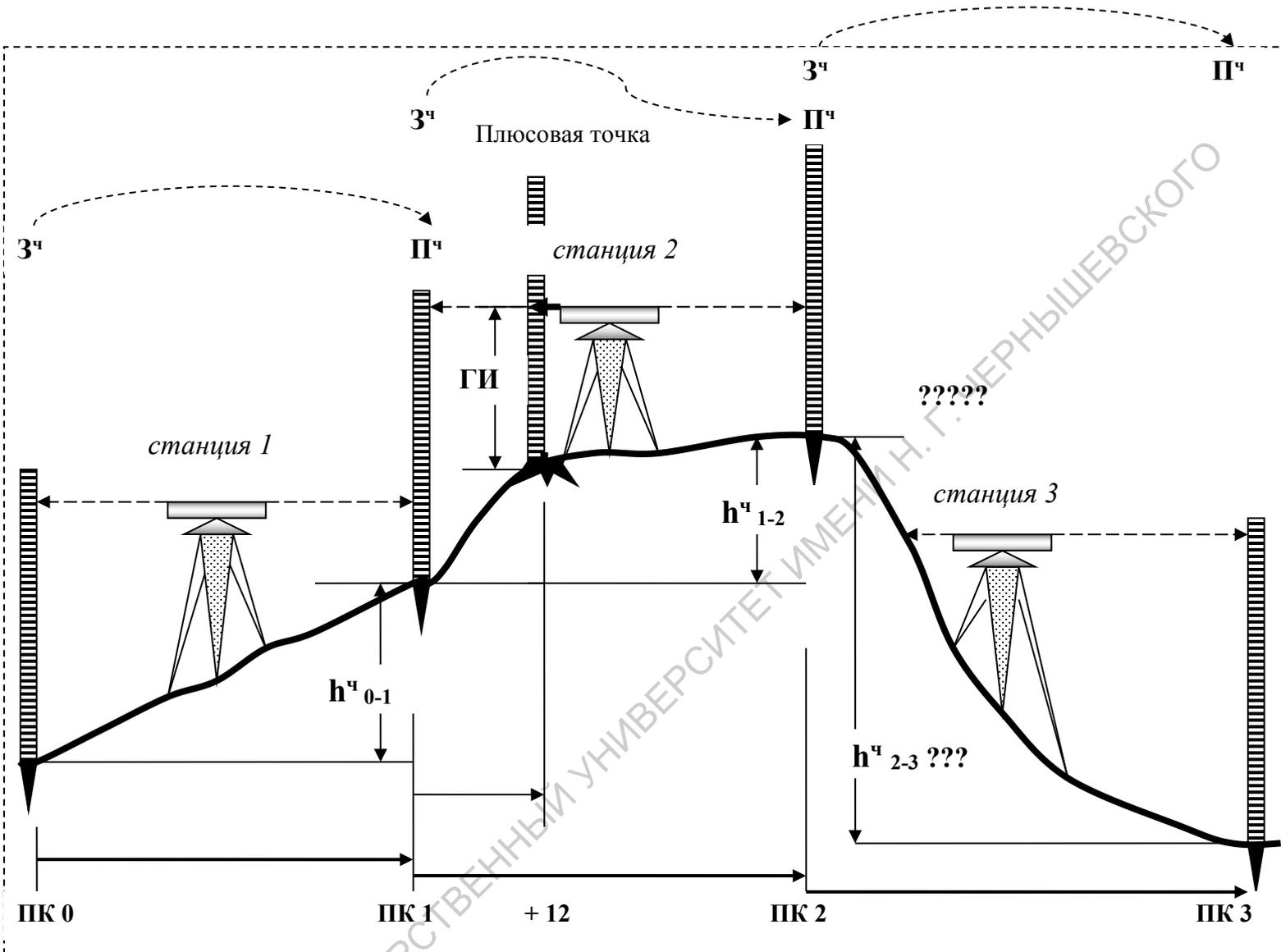


Рис. 31. Пример проведения нивелирования «из середины» с назначением плюсовых точек

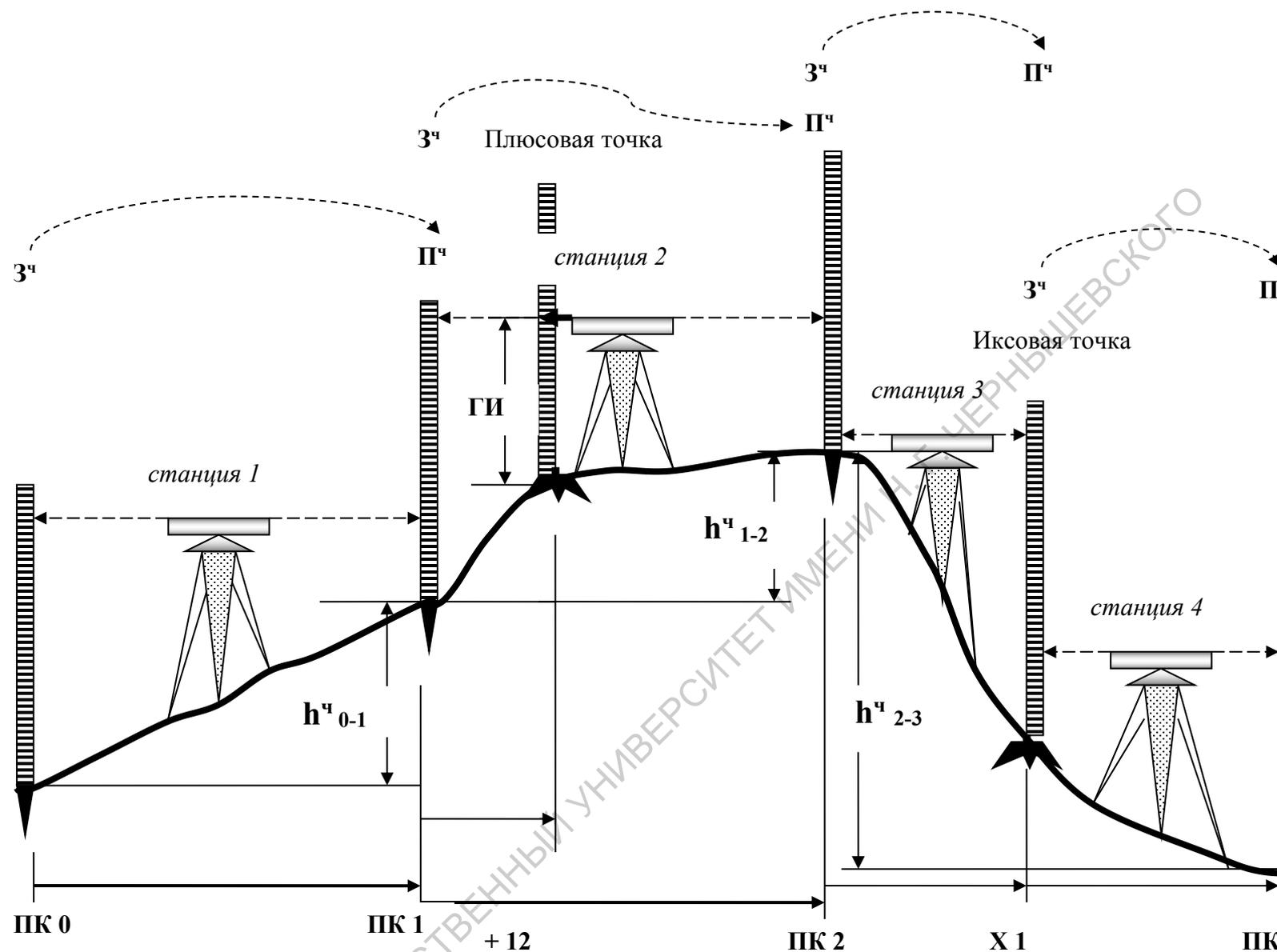


Рис. 32. Пример проведения последовательного нивелирования на участке назначения иксовых точек

- Вычислить *среднее превышение* по отсчетам:

$$\sum h = \sum 3 - \sum \Pi$$

$$\sum h_{cp} = h/2$$

Данные этих вычислений внести в строку «Постраничный контроль» на уровне колонок 3 и 4 (табл. 8.3).

- Вычислить *суммы* рассчитанных *положительных и отрицательных превышений* (данные внести в нижнюю часть колонок 6 и 7) (табл. 8.3)

сумма положительных превышений:  $\sum (+h)$ ,

сумма отрицательных превышений:  $\sum (-h)$ ;

- Вычислить разность большей и меньшей сумм (данные внести в нижнюю часть колонок 6 и 7) (табл. 8.3):

$$\sum h = \sum (+h) - \sum |(-h)|;$$

- Вычислить **среднее превышение** (данные внести в нижнюю часть колонок 6 и 7) (табл.8.3) как разность большей и меньшей сумм:

$$\sum h_{cp} = \sum (+h_{cp}) - \sum (-h_{cp});$$

Таким образом, разность сумм отсчетов должна быть равна алгебраической сумме вычисленных превышений. Сумма средних превышений должна быть равна полуразности сумм отсчетов по задней и передней рейкам. Расхождения постраничного контроля допускаются в пределах 5 мм. В противном случае необходимо произвести геометрическое нивелирование трассы повторно.

- Вычислить **невязку превышений** нивелирного хода по формулам:  
для замкнутого хода:  $f_h = \sum h_{cp}$ ;  $f_h = \sum (+h_{cp}) + \sum (-h_{cp})$   
для разомкнутого хода:  $f_h = \sum h_{cp} - (H_B - H_A)$ ,  
где  $H_B$  и  $H_A$  – отметки начальной и конечной точек нивелирного хода;

при неизвестной конечной отметке  $f_h = \sum h_{\text{прямой ход}} + \sum h_{\text{обратный ход}}$ ,  
где  $\sum h_{\text{хода}}$  – сумма средних превышений прямого и обратного ходов нивелирования;

- Вычислить **допустимую невязку** нивелирного хода для технического нивелирования:

$$f_{\text{доп}} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L},$$

где  $L$  – длина нивелирного хода в километрах;

В случае, если выполняется условие  $f_{\text{доп}} \geq f_h$ , производят увязку нивелирного хода и вычисление абсолютных отметок пикетов.

- Распределить невязку превышений, т.е. **вести поправки**. Поправки распределяются поровну между средними превышениями пикетов. Сумма введенных поправок должна быть равна величине невязки превышений, но с противоположным знаком. Данные внести в таблицу 8.3, графу 10;
- Вычислить **исправленные превышения** на каждой станции как алгебраическую сумму среднего превышения и поправки:

$$\pm h_{\text{испр}} = \pm h_{cp} + (\pm \text{поправка})$$

Результаты записать в журнал в графу 11.

- Вычислить алгебраическую сумму исправленных превышений:

$$\sum h_{\text{испр}} = \sum (+h_{\text{испр}}) + \sum (-h_{\text{испр}}),$$

где  $\sum (+h_{\text{испр}})$  - сумма положительных исправленных превышений,

$\sum (-h_{\text{испр}})$  - сумма отрицательных исправленных превышений.

Для замкнутого нивелирного хода  $\sum h_{\text{испр}}$  должна быть равна нулю.

- Вычислить **абсолютные отметки пикетов (связующих)** и внести результаты вычислений в графу 13 журнала нивелирования (табл. 8.3). Отметка последующего пикета равна отметке предыдущего плюс соответствующее исправленное превышение между данными пикетами или иксовыми точками:

$$H_2 = H_1 + (\pm h_{\text{испр}}).$$

- Вычислить **отметки плюсовых (промежуточных) точек** через горизонт инструмента. *Горизонтом инструмента* называется расстояние по отвесной линии от визирной оси нивелира до уровенной поверхности (отметка визирного луча нивелира на данной станции).

Горизонтом инструмента (**ГИ**) пользуются для определения отметок точек, нивелируемых с данной станции по формуле:

$$ГИ = H_{\text{заднего ПК}} + \text{отсчет по З.}$$

Результаты записать на соответствующей строке журнала в графе 12 (табл. 8.3).

Отметка плюсовой точки, на которой установлена рейка, равна горизонту инструмента минус «взгляд» на эту рейку, т.е.

$$H_{\text{ПК } i+12} = ГИ - \text{промежуточный отсчет}$$

Результаты записать на соответствующей строке журнала в графе 13 (табл. 8.3).

Таблица 8.3

## Журнал нивелирования

Дата \_\_\_\_\_

Нивелировщик \_\_\_\_\_

| Станции                       | №/№ пикетов   | Отчеты по рейке (мм)    |              | Промежуточные (мм) | Превышения (мм)         |             | Поправка (мм) | Исправленные превышения (мм) | Горизонт инструмента (м) | Абсолютная отметка | Примечание    |
|-------------------------------|---------------|-------------------------|--------------|--------------------|-------------------------|-------------|---------------|------------------------------|--------------------------|--------------------|---------------|
|                               |               | Задняя                  | передняя     |                    | +                       | -           |               |                              |                          |                    |               |
| 1                             | 2             | 3                       | 4            | 5                  | 6                       | 7           | 10            | 11                           | 12                       | 13                 | 14            |
|                               | <i>ПК 0</i>   | <i>2012</i>             |              |                    |                         |             |               |                              |                          |                    | <i>ПК 0</i>   |
| <i>1</i>                      | <i>ПК 1</i>   |                         | <i>0778</i>  |                    | <i>1234</i>             |             |               |                              |                          |                    | <i>ПК 1</i>   |
|                               | <i>ПК 1</i>   | <i>0158</i>             |              |                    |                         |             |               |                              |                          |                    | <i>ПК 1</i>   |
| <i>2</i>                      | <i>ПК1+12</i> |                         | <i>2548</i>  | <i>0387</i>        |                         | <i>2390</i> |               |                              |                          |                    | <i>ПК1+12</i> |
|                               | <i>X 1</i>    |                         |              |                    |                         |             |               |                              |                          |                    | <i>X 1</i>    |
|                               | <i>X 1</i>    | <i>0511</i>             |              |                    |                         |             |               |                              |                          |                    | <i>X 1</i>    |
| <i>3</i>                      | <i>X 2</i>    |                         | <i>1732</i>  |                    |                         | <i>1221</i> |               |                              |                          |                    | <i>X 2</i>    |
|                               | <i>X 2</i>    | <i>0262</i>             |              |                    |                         |             |               |                              |                          |                    | <i>X 2</i>    |
| <i>4</i>                      | <i>ПК 2</i>   |                         | <i>1890</i>  |                    |                         | <i>1628</i> |               |                              |                          |                    | <i>ПК 2</i>   |
|                               | <i>ПК 2</i>   | <i>0733</i>             |              |                    |                         |             |               |                              |                          |                    | <i>ПК 2</i>   |
| <i>5</i>                      | <i>ПК 3</i>   |                         | <i>1392</i>  |                    |                         | <i>0659</i> |               |                              |                          |                    | <i>ПК 3</i>   |
|                               | <i>ПК 3</i>   | <i>0359</i>             |              |                    |                         |             |               |                              |                          |                    | <i>ПК 3</i>   |
| <i>6</i>                      | <i>ПК 4</i>   |                         | <i>1906</i>  |                    |                         | <i>1547</i> |               |                              |                          |                    | <i>ПК 4</i>   |
| <b>Постраничный контроль:</b> |               | <i>4035</i>             | <i>10246</i> |                    | <i>1234</i>             | <i>7445</i> |               |                              |                          |                    |               |
|                               |               | $\sum h = -6211$        |              |                    | $\sum h = -6211$        |             |               |                              |                          |                    |               |
|                               |               | $\sum h_{cp} = -3105,5$ |              |                    | $\sum h_{cp} = -3105,5$ |             |               |                              |                          |                    |               |

## Журнал нивелирования

Дата \_\_\_\_\_

Нивелировщик \_\_\_\_\_

| Станции                       | №/№ пикетов | Отчеты по рейке (мм)              |             | Промежуточные (мм) | Превышения (мм)                   |   | Поправка (мм)       | Исправленные превышения (мм)  | Горизонт инструмента   | Абсолютная отметка (м) | Примечание  |
|-------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|--------------------|-----------------------------------|---|---------------------|---|--|------------------------|-------------|
|                               |             | Задняя                            | передняя    |                    | +                                 | - |                     |   |  |                        |             |
| 1                             | 2           | 3                                 | 4           | 5                  | 6                                 | 7 | 10                  | 11  | 12   | 13                     | 14          |
|                               | <i>ПК 4</i> | <i>1718</i>                       |             |                    |                                   |   |                     |   |  |                        | <i>ПК 4</i> |
| 7                             | <i>ПК 5</i> |                                   | <i>0894</i> |                    |                                   |   |                     |   |  |                        | <i>ПК 5</i> |
|                               | <i>ПК 5</i> | <i>2212</i>                       |             |                    |                                   |   |                     |   |  |                        | <i>ПК 5</i> |
| 8                             | <i>ПК 6</i> |                                   | <i>0362</i> |                    |                                   |   |                     |   |  |                        | <i>ПК 6</i> |
|                               | <i>ПК 6</i> | <i>1988</i>                       |             |                    |                                   |   |                     |   |  |                        | <i>ПК 6</i> |
| 9                             | <i>X 1</i>  |                                   | <i>0628</i> |                    |                                   |   |                     |   |  |                        | <i>X 1</i>  |
|                               | <i>X 1</i>  | <i>2417</i>                       |             |                    |                                   |   |                     |   |  |                        | <i>X 1</i>  |
| 10                            | <i>ПК 0</i> |                                   | <i>0246</i> |                    |                                   |   |                     |   |  |                        | <i>ПК 0</i> |
| <b>Постраничный контроль:</b> |             |                                   |             |                    |                                   |   | $\Sigma =$ _____ мм | $\Sigma +h_{ис} =$ _____<br>$\Sigma -h_{ис} =$ _____<br>$f =$ _____ | $f_h = \Sigma (+h) -  \Sigma (-h)  =$ _____ = _____ мм<br>$f_{доп} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L} = \pm 50 \sqrt{0,157} \approx \pm$ _____ мм<br>$L = 157,4 \text{ м}$ (рис.33, сумма расстояний между пикетами) |                        |             |
|                               |             | $\Sigma h =$<br>$\Sigma h_{ср} =$ |             |                    | $\Sigma h =$<br>$\Sigma h_{ср} =$ |   |                     |   |  |                        |             |

### Задание 8.12. Построить профиль нивелирного хода.

Нивелирование трассы завершается графическим оформлением - составлением профиля нивелирного хода.

Профиль трассы составляют по данным журнала нивелирования и пикетажной книжки на миллиметровой бумаге. Для придания профилю большей наглядности выбирают более крупные масштабы построения, например, в 5 – 10 раз крупнее, чем горизонтальные расстояния. Масштабы горизонтальные для построения профиля выбирают в зависимости от характера рельефа местности и целей, для которых они предназначаются (обычно в масштабах 1 : 2 000 и 1 : 1 000).

Построение профиля начинают с расчета расположения на миллиметровой бумаге линии условного горизонта (рис. 33). Ниже этой линии делают разграфку параллельными линиями для записи следующих данных: абсолютные отметки, расстояния между пикетами, номера пикетов. Затем для линии условного горизонта рассчитывают и округляют до целых метров значение отметки так, чтобы самая низкая точка профиля расположилась выше линии условного горизонта на 2-4 см, в зависимости от разности отметок линии профиля.

Построить вертикальный масштаб с основанием 1 см, вдоль которого будут отложены впоследствии значения абсолютных отметок. Оцифровать масштаб.

В строку профильной сетки «Расстояния между пикетами» в соответствующем горизонтальном масштабе отметить длины отрезков между кольями (данные взять из рисунка 33). Отметить положение плюсовых точек на каждой станции как расстояние в метрах от заднего пикета до точки. Например, для точки **ПК1+12** нужно отложить 12 м от пикета 1 в заданном масштабе. Подписать длины отрезков между пикетами. Иксовые точки на профиле не отмечают, т.к. они служат для передачи отметки.

Построить вертикальные линии от всех точек.

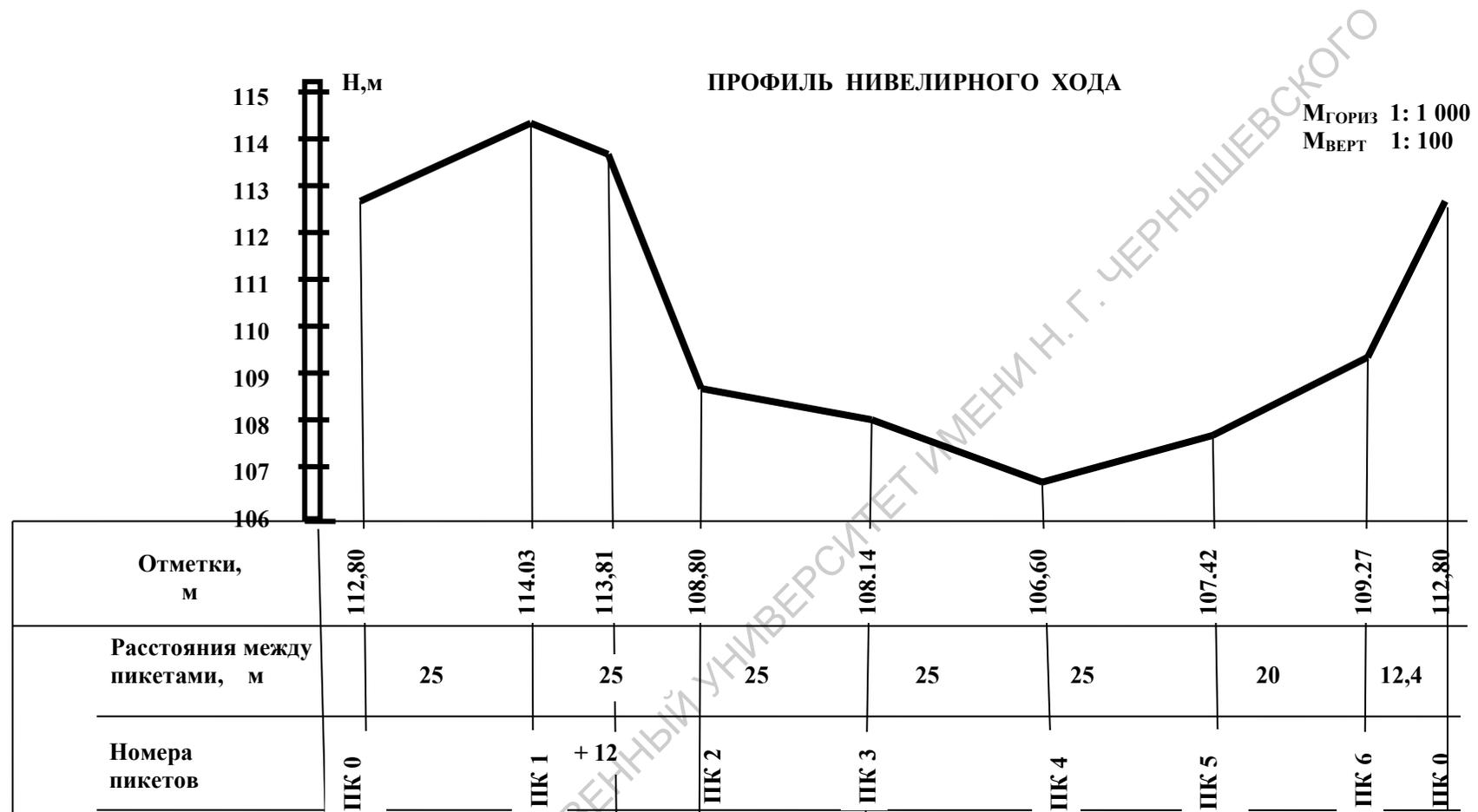
В строке «Номера пикетов» вертикально вдоль линии подписать каждый пикет и значение промежуточной точки.

В строке «Абсолютные отметки» вертикально вдоль линии подписать отметку каждого пикета и промежуточной точки в метрах с округлением до сотых долей.

Вдоль каждой вертикали отметить по линейному масштабу значение отметки на пикетах и на плюсовых точках. Соединить последовательно прямыми линиями отмеченные точки.

Пример оформления чертежа представлен на рисунке 33.

На профиль нивелирного хода обычно еще переносят данные из пикетажного журнала по азимутам и углам поворота и заполняют строку "Профиль трассы". Кроме этого, проводят вычисления уклонов (в %) и заполняют соответствующую строку. Ввиду отсутствия данных пикетажного журнала на рисунке 33 эти строки не отражены.



- 1,03

Рис. 33. Пример оформления профиля нивелирного хода

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

### к теме 1

1. Назовите три отличительных особенности топографического плана?
2. Дайте классификационную характеристику топографическим картам и планам следующих масштабов:  $1:100\ 000$ ,  $1:1\ 000\ 000$ ,  $1:5000$ ,  $1:2500\ 000$ .
3. Какие из перечисленных масштабов не относятся к топографическим картам и почему:  $1:10\ 000$ ,  $1:5\ 000$ ,  $1:2500\ 000$ ,  $1:50\ 000$ ,  $1:200$ ,  $1:300\ 000$ ?
4. Приведите примеры применения отдельных свойств карт в практической работе геологов.
5. Чем представлена легенда топографических карт и планов?
6. Какова структура условных знаков топографических карт?
7. Приведите примеры условных знаков, центры которых расположены в:  
а) центре нижней геометрической фигуры; б) в середине широкого основания; в) по центру геометрической фигуры; г) в вершине прямого угла.
8. Выберите из предложенного ниже перечня условные знаки, которые относятся к гидрографии и орографии: опорные геодезические пункты, скорость течения, отметки высот, русло реки, овраг, промоина, колодец, кустарник, непроходимое болото, водяная мельница, паром, брод, обрыв, шоссе, просека, холм, котловина, карьер, торфоразработки, колодец с ветряным двигателем, мост, урез воды, высота обрыва.
9. Чем различаются между собой условные знаки следующих объектов:
  - постройки деревянные и огнеупорные;
  - линии связи и линии электропередач;
  - дороги шоссейные и грунтовые;
  - мосты деревянные, каменные и металлические;
  - насыпи и выемки; ямы и курганы;
  - болота проходимые и непроходимые;
  - реки судоходные и несудоходные.

### к теме 2

1. Что понимают под масштабным рядом топографических карт?
2. В чем состоит отличие поперечного масштаба от линейного с точки зрения их практического значения?
3. Какие условия определяют точность масштаба? В чем состоят отличия предельной и графической точности масштаба?
4. В каких случаях используют геологи переходный масштаб?
- 5\*. Постройте переводные масштабы с основанием 2 см для масштаба «в 1 см 1690 метров» и «в 1 см 1070 метров» для топокарты  $1:50\ 000$ . На каких картах применяются данные масштабы? (0-2 балла)

### к теме 3

1. Длину извилистых линий можно измерить с помощью курвиметра и «методом шагов». Какой из данных способов отличается повышенной точностью и почему? Какие еще способы измерения извилистых линий Вам известны?
2. Расположите способы определения площади контуров и объектов в порядке увеличения точности измерения.
3. В чем состоит различие видов палеток с точки зрения их практического применения?
4. Дайте определение «ошибки» и «погрешности» измерения. По каким признакам различаются ошибки измерений.
5. Определить протяженность отдельно для каждого из типов дорог (шоссе, грунтовые, полевые, железные дороги), расположенных в пределах топографического полигона (для выполнения КСР).

6. Определить длину каждого водотока, протекающего в пределах топографического полигона (для выполнения КСР).
7. Определить площади для каждого типа объектов (лесов, болот, населенных пунктов), расположенных в пределах топографического полигона (для выполнения КСР).

#### **к теме 4**

1. Как провести меридиан и параллель через точку на карте?
2. В какой проекции создаются топографические карты России?
3. Как определить номер зоны в проекции Гаусса-Крюгера по прямоугольным координатам точки.
4. Что в геодезии принимают за ось абсцисс и за ось ординат?
5. Какие данные необходимо иметь для решения прямой и обратной геодезической задачи?
- 6\*. Выполнить решение задачи по определению номенклатуры листа карты по заданным географическим координатам и по определению номенклатуры восьми смежных листов (0-3 балла).

#### **к теме 5**

1\* Составить маршрут (из 4-5 пунктов) движения группы студентов по топокарте с указанием начального пункта, цели движения, углов ориентирования по линиям движения, расстояний между точками остановок, названием точек, указанием конечного пункта (0-3 баллов).

#### **к теме 6**

1. Как изображается рельеф на топографических картах?
2. В каких случаях проводят дополнительные и утолщенные горизонтали?
3. Какие задачи можно решить по карте с горизонталями?
4. Какими показателями характеризуется крутизна склона?
5. Какова зависимость между крутизной склона, заложением и высотой сечения рельефа?
6. Приведите примеры влияния рельефа на размещение угодий и растительности.
7. К каким формам рельефа приурочены выемки на дорогах и почему?

#### **к теме 7**

1. Каково назначение теодолита?
2. В чем отличие устройства электронного теодолита?
3. Что входит в комплект для проведения теодолитной съемки?
4. Что такое "способ полуприемов"?
- 5\*. Провести горизонтирование теодолита.

#### **к теме 8**

1. Почему тахеометрическую съемку называют "быстрой"?
2. В чем различия и что общего в тригонометрическом и геометрическом нивелировании?
3. Каково назначение нитяного дальномера?
4. Где находится сетка нитей и каково ее назначение?
5. Какой из способов нивелирования является самым точным?

## Список рекомендуемой литературы

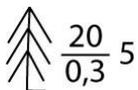
1. Ключин Е.Б., Киселев М.И., Михелев Д.Ш., Фельдман В.Д. Геодезия: учебник для студ.учреждений высш.проф.образования (под ред. Д.Ш.Михелева. –М.: Издательский центр «Академия», 2012. - 496 с. –(Сер.Бакалавриат).
2. Горбовская Т.В., Копнина В.В. Практические работы по курсу «Геодезия» /учебно-методическое пособие для студентов геологич.фак. - Саратов: Научная книга, 2008. - 51 с.
3. Учебная практика по топографии (геодезии): Учебно-методическое пособие. Саратов: ИЦ «Наука», 2009, 106 с.
4. Условные знаки для топографических карт масштабов 1:25000, 1:50000, 1:100000, ГУГиК. – М.: Недра, 1989. - 68 с.

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО

**ПРОБНЫЙ ТЕСТ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ И ТОПОГРАФИИ»**

**1. Чем карты существенно отличаются от плана?**

1. площадью изображения
2. используемой проекцией
3. учетом формы (кривизны) Земли
4. рельефом местности
5. ситуацией



**2. Что обозначает цифра 20 на рисунке**

1. Среднее расстояние между деревьями
2. Средний диаметр ствола
3. Средняя высота дерева
4. Максимальная высота дерева
5. Количество деревьев

**3. Что относится к элементам орографии:**

1. Пункты государственной геодезической сети
2. Водные объекты
3. Ямы
4. Легенда
5. Овраги и промоины

**4. К элементам карты не относятся:**

1. картографическое изображение;
2. легенда;
3. справочные данные;
4. зарамочное оформление;
5. цветовой фон;
6. масштаб

**5. Что такое масштаб карты?**

1. способ вычисления подобия
2. отношение линий на карте к этим линиям на местности
3. взаимосвязь ситуации на карте и местности
4. соотношение точек карты и местности
5. отношение длин на карте к их проекции на местности

**6. Укажите масштабный ряд топографических карт России:**

1. 1:2000, 1:5000, 1:10000, 1:25000
2. 1:5000, 1:10000, 1:25000, 1:50000
3. 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000
4. 1:100000, 1:250000, 1:500000, 1:1000000
5. 1:1000000, 1:2000000, 1:5000000, 1:10000000

**7. Графическая точность масштаба составляет:**

1. 0, 5 мм
2. 0,1 мм
3. 0,01 мм
4. 0, 2 мм

**8. При масштабе 1:10 000 линии 5, 32 см на карте соответствует на местности линия, равная:**

1. 5,32 м
2. 53, 2 м
3. 532,0 м
4. 5320 м

9. Самую высокую точность имеет:

1. линейный масштаб
2. поперечный масштаб
3. численный масштаб
4. переводной масштаб

10. Установите соответствие:

- |                 |               |
|-----------------|---------------|
| А. в 1 см 2 км  | 1. 1: 200     |
| Б. в 1 см 200 м | 2. 1: 2000000 |
| В. в 1 см 2 м   | 3. 1: 200000  |
| Г. в 1 см 20 км | 4. 1: 20000   |

11. Уклонением называют:

1. среднее арифметическое
2. относительную погрешность одного результата
3. среднеквадратическую погрешность одного результата
4. вероятнейшую погрешность измерения

12. Погрешность – это \_\_\_\_\_

---

13. Для определения площадей на картах не используется:

1. палетка
2. планиметр
3. курвиметр
4. взвешивание

14. Установите соответствие:

- |                       |                                  |
|-----------------------|----------------------------------|
| А. квадратная палетка | 1. $P = a \cdot m$               |
| Б. точечная палетка   | 2. $P = L \cdot d$               |
| В. линейная палетка   | 3. $P = a \cdot (n_1 + n_2 / 2)$ |

15. Установите соответствие:

- |                     |                        |
|---------------------|------------------------|
| А. ломаные линии    | 1. метод шагов         |
| Б. прямые линии     | 2. метод наращивания   |
| В. извилистые линии | 3. графический масштаб |

16. Что называется географической широтой?

1. угол между отвесной линией в данной точке и плоскостью экватора
2. угол между нормалью к эллипсоиду в данной точке и плоскостью экватора
3. расстояние от плоскости экватора до данной точки

17. Ось  $Y$  в плоской прямоугольной системе координат для проекции Гаусса-Крюгера направлена

1. С севера на юг
2. С востока на запад
3. С юга на север
4. С запада на восток

18. Что принимается за основу в номенклатуре топографических карт?

1. деление на листы
2. номенклатура карты 1:500000
3. разграфка листа 1:1000000
4. карта 1:10000000
5. карты 1:10000

19. Какой масштаб соответствует номенклатуре А-33-143-В-в-3?

1. 1:1 000 000
2. 1:500 000
3. 1: 25 000
4. 1:50 000

5. 1:10 000

20. Какого масштаба карта, имеющая номенклатуру N-37-A?

1. 1: 500 000
2. 1 : 50 000
3. 1 : 25 000
4. 1 : 10 000

21. Горизонтальное проложение при решении обратной геодезической задачи определяется по формуле:

1.  $d = \Delta X / \operatorname{tg} v$
2.  $d = \Delta Y / \cos v$
3.  $S = \Delta Y \cdot \cos v$
4.  $d = \Delta Y / \sin \alpha$

22. Какие величины надо вычислить при решении прямой геодезической задачи?

1. Горизонтальное проложение D
2. Координата X
3. Дирекционный угол  $\alpha$
4. Координата Y

23. Установите соответствие между названием координатной системы и обозначением ее координат:

- |                                     |                       |
|-------------------------------------|-----------------------|
| А. Географическая система координат | 1. X, Y               |
| Б. Полярные сферические координаты  | 2. $\varphi, \lambda$ |
| В. Прямоугольная система координат  | 3. S, $\alpha$        |

24. В полярной системе координат в качестве полюса служит:

1. магнитный полюс
2. любая точка с известными координатами
3. истинный полюс
4. географический полюс

25. Румб - \_\_\_\_\_

26. Какое значение дирекционного угла  $\alpha$  соответствует румбу СЗ:50°

1. 50°
2. 130°
3. 230°
4. 310°

27. Вычислить азимут по исходным данным:

ЮЗ: 63°      A = \_\_\_\_\_

СВ: 52°      A = \_\_\_\_\_

28. Вычислить ПН по исходным данным:

$\gamma = -6^{\circ}13'$       ПН = \_\_\_\_\_

$\delta = +3^{\circ}38'$

29. Вычислить все возможные углы ориентирования по исходным данным:

$A_{И} = 237^{\circ}17'$       \_\_\_\_\_

$\gamma = -1^{\circ}19'$       \_\_\_\_\_

$\delta = +2^{\circ}30'$       \_\_\_\_\_

30. Представить графически расположение меридианов относительно истинного по исходным данным:

$A_{М} = 207^{\circ}$

$\gamma = 10^{\circ}50'$

$\delta = -5^{\circ}40'$



31. Что называется горизонталью?

1. линии, рисующие рельеф
2. линии разностей высот
3. линии одинаковых высот
4. линии уклонов
5. линии, выражающие высоты

**32. Какие формы рельефа изображаются горизонталями?**

1. лощина
2. овраг
3. обрыв
4. котловина природного происхождения
5. седловина

**33. По какому масштабу определяется крутизна ската?**

1. численному
2. линейному
3. именованному
4. заложения
5. поперечному

**34. Высота вершины холма равна 283,4. Определить высоту горизонтали, ближайшую к вершине. Высота сечения  $h = 2$  м?**

Ответ: \_\_\_\_\_

**35. Отметьте неверное утверждение?**

1. горизонтали не пересекаются и не раздваиваются
2. высоты горизонталей кратны высоте сечения рельефа
3. чем круче скат, тем ближе горизонтали друг у другу
4. бергштрихи направлены в сторону повышения местности.

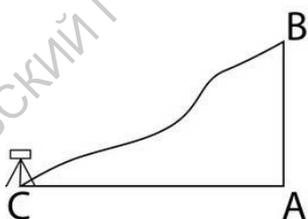
**36. Каким прибором измеряются горизонтальные и вертикальные углы на местности?**

1. эклиметром
2. буссолью
3. теодолитом
4. нивелиром
5. кипрегелем

**37. Сущность тригонометрического нивелирования:**

1. Измерение горизонтального угла
2. Вычисление прямоугольных координат
3. Измерение превышений
4. Вычисление расстояний

**38. Укажите по рисунку превышение**



1. АВ
2. ВС
3. АС

**39. Самым точным способом определения отметок высот на местности является:**

1. прокладка теодолитного хода
2. тригонометрическое нивелирование
3. геометрическое нивелирование
4. глазомерная съемка

**40. С помощью нивелира можно измерить:**

1. Расстояния
2. Превышения
3. Горизонтальные проложения
4. Вертикальные углы

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО